



Universidade de Aveiro
Ano 2017

Departamento de Química

**CATARINA DE OLIVEIRA
SOUSA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO REALIZADO NA EMPRESA HOTGAS,
LDA – ESTUDO TÉCNICO DA IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE
DO AR INTERIOR**



Universidade de Aveiro

Departamento de Química

Ano 2017

**CATARINA DE OLIVEIRA
SOUSA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO REALIZADO NA EMPRESA HOTGAS,
LDA – ESTUDO TÉCNICO DA IMPORTÂNCIA DA QUALIDADE
DO AR INTERIOR**

Relatório de estágio apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia – ramo em Biotecnologia Industrial e Ambiental, realizada sob a orientação científica do Doutor João Oliveira, Professor Associado do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e sob orientação do Engenheiro Fernando Sousa, gerente da empresa Hotgas.

Dedico este trabalho aos meus pais pela contínua motivação, um apoio incansável e uma preocupação que revela a força da nossa união e o significado do Amor.

Banda sonora: “Somos um” – Rei Leão 2

It was the best of times,
it was the worst of times,
it was the age of wisdom,
it was the age of foolishness,
it was the epoch of belief,
it was the epoch of incredulity,
it was the season of Light,
it was the season of Darkness,
it was the spring of hope,
it was the winter of despair,
we had everything before us,
we had nothing before us.

...

in short, the period was so far like the present period,
that some of its noisiest authorities insisted on its being received,
for good or for evil, in the superlative degree of comparison only.

Charles Dickens

o júri

Professora Doutora Ana Maria Rebelo Barreto Xavier, Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

Professora Doutora Maria Tereza Seabra dos Reis Gomes, Professora Associada da Universidade de Aveiro

Professor Doutor João António Baptista Pereira de Oliveira, Professor Associado, Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço ao meu orientador por toda a paciência e simpatia.

E a todas as pessoas que me desafiam a tornar-me melhor diariamente.

”

palavras-chave Ar interior, qualidade do ar, metrologia.

resumo Este trabalho é um relatório de estágio na empresa Hotgas, fundada a 14 de setembro de 1999. A Hotgas é uma pequena média empresa localizada em Valongo, distrito do Porto. Durante este documento vai ser exposta a temática da análise da qualidade do ar e os serviços existentes na Hotgas relacionados com essa temática e a potencialidade de crescimento da diversidade de serviços nesta mesma temática.

keywords

Indoor Air, Air quality, metrology.

abstract

This work is an internship report at the company Hotgas, founded on September 14, 1999. Hotgas is a company located in Valongo, Porto district. During this document will be exposed the thematic of the air quality analysis and the existing services in Hotgas related to this theme and the potentiality of growth of the diversity of services in this same theme.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	12
ÍNDICE DE TABELAS	13
LISTA DE ACRÓNIMOS	14
SÍMBOLOS	15
INTRODUÇÃO GERAL.....	16
CAPÍTULO 1 –DETALHES DO PROJETO, DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO, MOTIVO DO TEMA DO ESTÁGIO.....	18
1. Detalhes do projeto.....	18
1.1. Objetivo deste documento.....	18
1.2. Âmbito do projeto	18
2. Visão	19
3. Objetivos principais.....	19
4. Considerações do projeto	20
5. Participantes no projeto.....	20
6. Estrutura da equipa envolvida no projeto	20
7. A empresa - Hotgas, lda	21
8. Introdução à metrologia – vocabulário mais frequente	22
CAPÍTULO 2 – POLUIÇÃO DO AR EXTERIOR, CONSEQUÊNCIAS, FACTOS E INTEGRAÇÃO DESTE TEMA NO ESTÁGIO.....	26
1. Introdução à poluição de ar exterior	26
1.1. Aquecimento global	26
1.1.1 Destruição da camada de Ozono	29
1.1.1.1 Gases Halogenados.....	30
1.1.1.1.1. Calibração de Detetores de fuga de gases halogenados.....	31
CAPÍTULO 3 - AR INTERIOR, CONSEQUÊNCIAS, LEGISLAÇÃO E INTEGRAÇÃO DO TEMA NO ESTÁGIO	34
1. INTRODUÇÃO AO AR INTERIOR.....	34
1.1. Consequências na saúde	35
1.2 Principais causas de má qualidade do ar interior	36
1.3 Legislação	36
1.4 Guia Técnico	38
1.4.1. Introdução	38
1.4.2. Finalidade deste guia.....	39
1.4.3. Síndrome do Edifício Doente.....	40

1.4.4.	Fatores que afetam o qualidade do ar interior	40
1.4.5.	Precauções a tomar.....	41
1.4.6.	Métodos de Avaliação	42
1.4.7.	Avaliação preliminar.....	42
1.4.8.	Leituras diretas da avaliação preliminar	44
1.4.9.	Exemplo de plano de uma avaliação preliminar	44
1.4.10.	Plano de Amostragem	45
1.4.10.1.	Zonas de medição.....	45
1.4.10.2.	Nº mínimo de pontos por zona	45
1.4.11.	Pessoal.....	47
1.4.12.	Vantagens de Análise de um ar interior	48
1.4.13.	Quando fazer uma Análise de qualidade do ar interior	48
1.4.14.	Garantir a qualidade dos resultados	49
1.4.15.	Diretrizes gerais para estabelecer locais de monitorização.....	50
1.4.16.	Métodos de medição	51
1.4.17.	Dispositivos utilizados para leituras diretas.....	53
1.4.18.	Dispositivos utilizados para medições ativas ou passivas	54
1.4.19.	Principais métodos das medições com leituras diretas	56
1.4.20.	Principais métodos das medições ativas/passivas	56
1.4.21.	Fontes poluentes.....	58
1.4.21.1.	Fontes estruturais	58
1.4.21.1.1.	Temperatura e Humidade relativa.....	58
1.4.21.1.2.	Ventilação	59
1.4.21.2.	Fontes Químicas	60
1.4.21.2.1.	Benzeno.....	60
1.4.21.2.2.	Tabaco	61
1.4.21.2.3.	Dióxido de Carbono (CO ₂)	65
1.4.21.2.4.	Monóxido de Carbono (CO)	65
1.4.21.2.5.	Formaldeído (CO ₂).....	66
1.4.21.3.	Fontes de Partículas respiráveis	66
1.4.22.	Interpretação de resultados.....	68
1.4.23.	Formulário para tratamento de dados.....	71
CAPÍTULO. 4 – OUTRAS ATIVIDADES REALIZADAS EM ESTÁGIO.....		73
1.	Calibração de Analisadores de CO ambiente	73

2.	Calibração de Termómetros.....	79
3.	Colaboração no projeto de instalação de uma balança manométrica no laboratório de metrologia de pressão (determinação do valor da gravidade local)	80
4.	Material de apoio a formação.....	82
5.	Presença em ateliês e sessões de formação	82
a)	“Amostragem de ar interior e ar laboral”	82
b)	“Metrologia e Ensino”	82
c)	“Adoção do sistema métrico e a Metrologia Legal em Portugal”	83
d)	“A importância das medições no ar Ambiente Laboral”	83
e)	“Reciclagem para auditores”	83
f)	“Meteorological Technology World Expo 2017”	84
6.	Indução e integração em serviços generalistas realizados na Hotgas	84
a)	Integração	84
b)	Atendimento ao cliente.....	84
c)	Atendimento telefónico	85
d)	Faturação.....	85
	CONCLUSÃO	86
	BIBLIOGRAFIA.....	87
	ANEXOS	92
	Anexo 1 - Colaboração no projeto de instalação de uma balança manométrica no laboratório de metrologia de pressão.....	92
	Anexo 2 – Introdução à metrologia.....	98
	Anexo 3 – Certificado de presença.....	126
	Anexo 4 – Certificado de presença.....	127
	Anexo 5 – Certificado de presença.....	128
	Anexo 6 – Certificado de presença.....	129
	Anexo 7 – Certificado de presença.....	130
	Anexo 8 – Exemplo de certificado de calibração de instrumento medidor de CO ambiente....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1. Entrada da empresa Hotgas, Lda.	21
Fig.2. Esquema de atividades da Hotgas, Lda.	22
Fig.3. Anomalia da temperatura global entre 1880 e 2010, tendo como referência o ano de 1940. Com a observação do gráfico podemos concluir que houve um aumento da temperatura global entre 1880 e 2010.	28
Fig.4. Elevação do nível do mar entre 1880 e 2000, tendo como referência o ano de 1940. Com a observação do gráfico podemos concluir que houve um aumento dos níveis médios do mar entre 1880 e 2000.	28
Fig.5. Esquema dos dispositivos utilizados na calibração de detetores de fuga de gases halogenados.	33
Fig.6. Gráfico da relação entre a concentração equilíbrio e o caudal novo.	64
Fig.7. Notícia retirada do Diário de Noticias do dia 1/05/2017.	73
Fig.8. Representação esquemática da calibração de um medidor de CO.	75
Fig.9. Caso da determinação da incerteza expandida da medição de 50 ppm do certificado de calibração.	78
Fig.10. Representação esquemática de uma calibração de um termómetro.	80

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Concentração máxima de certos contaminantes admitida no ar interior numa média de 8h.	37
Tabela 2. Relacionamento de certos odores com possíveis sintomas nos ocupantes e contaminantes relacionados.	43
Tabela 3. Correlação entre o tempo de amostragem e o número mínimo de amostras por turno de amostragem.	46
Tabela 4. Tipo de sensor de monitorização, método de referência e método equivalente usados para avaliar alguns parâmetros.	57
Tabela 5. Emissões típicas de um cigarro.	62
Tabela 6. Valores Limite Estabelecidos.	62
Tabela 7. As componentes de incerteza a considerar para o cálculo do valor de incerteza segundo a EN12341:1998.	72
Tabela 8. Resultados do cálculo de gravidade local.	82

LISTA DE ACRÓNIMOS

OVM – Organismo de verificação metrológica

VIM – Vocabulário internacional de metrologia

CE – Comunidade Europeia

FTA-Fumo de tabaco ambiente

PAH-Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos

QAI -Qualidade de ar interior

SED – Síndrome Edifício doente

AP – Avaliação preliminar

COV's- Compostos Orgânicos voláteis

UTA – Unidade tratamento de ar

APA- Associação Portuguesa do Ambiente

QAE -Qualidade de ar exterior

FID – Detetor por Ionização em Chama

PID – Detetor de Foto Ionização

PAS - Infravermelho fotoacústico

GC – cromatografia gasosa

MS – espectrometria de massa

HPLC- Cromatografia líquida de alta eficiência

PVC – Policloreto de vinilo

VLE-Valores limites de exposição

VLE – MP – Valores limites de exposição – Média ponderada

VLE – CD – Valores limites de exposição – Curta duração

VLE – CM – Valores limites de exposição – Concentração máxima

MP- Média ponderada

IBE – Índice biológico de exposição

OMS- Organização mundial de Saúde

IPAC – Instituto português de acreditação

GUM – “Guide to the expression of uncertainty in measurement”

SÍMBOLOS

NO₂-Dióxido de Nitrogénio

Rn-Radão

BaP-Benzo [a] Pireno

CO – Monóxido de carbono

CO₂- Dióxido de carbono

Cl – Cloro

Br - Bromo

F - Fluor

CH₄ -metano

S₂O – Monóxido de enxofre

Bq - becquerel

m- metro

m³- metro cúbico

ppm- parte por milhão

µg – micrograma

kg – quilograma

L- Litro

UFC – Unidade formadora de colónia

PM_{2,5}- partículas inaláveis, de diâmetro inferior a 2,5 micrómetros

PM₁₀- partículas inaláveis, de diâmetro inferior a 10 micrómetros

INTRODUÇÃO GERAL

O termo ar interior é aplicado a ambientes interiores não industriais ou laborais, e torna-se especialmente importante falar sobre este assunto.

A maior parte das pessoas quando perguntadas sobre o que é realmente importante para viver uma vida saudável refere a alimentação, o exercício físico e o tipo de hábitos que pode ter, e o tema do ar fica esquecido. Não podemos desvalorizar uma atividade vital diária e essencial à nossa vida como desvalorizamos o que respiramos. Provavelmente tem haver com a sua automatização, mas lá porque não respiramos conscientemente não quer dizer que não possamos ter consciência do que respiramos.

A qualidade do ar foi uma preocupação que surgiu como problema nos finais dos anos 60. No entanto, 10 anos passaram até surgirem os primeiros estudos sobre a qualidade do ar interior.

E porque é que o ar interior é muito importante?

Primeiro é nele que passamos cerca de 90% do nosso tempo a respirar, entre emprego e vida pessoal pouco é o tempo que o ser humano comum passa em ar exterior. O outro motivo importante seria que o ar interior é frequentemente mais analisado que o exterior e muito mais suscetível a pior qualidade que este último.

Vivemos num século onde a tecnologia tem tido um crescimento exponencial principalmente no que toca à avaliação energética. No entanto, com este desenvolvimento de isolamentos de paredes, melhores e mais baratos materiais de construção (que tornam os edifícios energeticamente inteligentes) o problema da qualidade do ar dentro dos edifícios tem vindo a aumentar. Com problemas diferentes dos edifícios mais velhos a qualidade do ar interior está a ser um problema que devido aos novos materiais ainda não possui regulamentos e recomendações e guias específicos para todos os casos ou maioria deles.

O que se passa é que os edifícios ao serem termicamente mais sustentáveis impedem ao mesmo tempo a ventilação de ar que nos edifícios mais antigos havia em pequenos orifícios entre as paredes, etc. Para acrescentar a esta problemática os materiais agora usados em novas construções e mobiliário são materiais que emitem contaminantes

químicos para o ar, aumentando a contaminação deste. Ou seja, para além de uma menor ventilação temos uma maior quantidade de fontes de contaminação interior.

Já existem algumas leis em Portugal que preveem e dão importância à qualidade do ar e à necessidade de inspecionar e avaliar estes espaços. No entanto, mais tem de ser feito em relação a como resolver este problema. Não existem metodologias específicas suficientes para os casos mais frequentes.

CAPÍTULO 1 –DETALHES DO PROJETO, DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTÁGIO, MOTIVO DO TEMA DO ESTÁGIO

1. Detalhes do projeto

Nome do Projeto: Relatório de estágio realizado na empresa Hotgas, lda – estudo técnico da importância da qualidade do ar interior

Aluna: Catarina de Oliveira Sousa, nº mecanográfico: 65281.

Âmbito: Mestrado de Biotecnologia da Universidade de Aveiro.

Diretor do curso de Mestrado em Biotecnologia: Prof. Dr. João Coutinho.

Coordenador de Estágios: Prof. Dr. Augusto Tomé.

Orientador Externo: Prof. Dr. João Oliveira.

Orientador Interno: Eng. Fernando Sousa.

Patrocinador do Projeto: Hotgas, Lda.

Data de início: 12 de setembro de 2016.

Data de conclusão: 31 de Maio de 2017.

1.1. Objetivo deste documento

Este documento tem como objetivo principal a exposição de:

- Objetivos do estágio;
- Trabalho efetuado na empresa;
- Estudo técnico da importância da qualidade do ar interior.

1.2. Âmbito do projeto

Este projeto realiza-se no âmbito das disciplinas Seminário em Biotecnologia e Estágio do 2º ano de Mestrado em Biotecnologia Industrial e Ambiental, a que correspondem 12 e 18 ects, respetivamente.

2. Visão

O ar é um elemento vital à existência humana. A sua necessidade é tão recorrente que o tomamos por garantido desprezando a sua importância na qualidade de vida humana.

O sucesso de um negócio provém da produtividade dos colaboradores que com ele interagem e quando a qualidade do ar interior ou laboral é maior também observamos um acréscimo nessa produtividade.¹

Motivos que levam o tema do ar interior ter uma elevada importância e como onde existe importância existe necessidade. Inovar no sentido de promover e garantir uma melhor qualidade de vida.²

.

3. Objetivos principais

O principal objetivo da executante do projeto, Catarina Sousa, é adquirir conhecimentos técnicos e práticos na área ambiental, nomeadamente, na análise/medição e ensaio dos componentes químicos que compõem as amostras.

4. Considerações do projeto

O projeto vai ter em consideração a legislação e o “estado da arte” sobre a análise e qualidade do ar e os requisitos desta, dando prioridade às atividades obrigatórias por lei.

5. Participantes no projeto

Participante	Interesse
Catarina Sousa	Conclusão do mestrado em Biotecnologia.
Prof. Dr. João Oliveira	Acompanhamento e avaliação da orientanda.
Eng. Fernando Sousa	Avaliar a potencialidade de abertura de um serviço na área da qualidade do ar.

6. Estrutura da equipa envolvida no projeto

Nome	Função	Responsabilidade
Catarina Sousa	Coordenadora e executante do projeto	Organizar e planear o projeto. Trabalhar no projeto.
Prof. Dr. João Oliveira	Orientador e Avaliador do Projeto	Orientar e monitorizar o progresso do projeto. Avaliar o Projeto.
Eng. Fernando Sousa	Orientador e Patrocinador do Projeto	Orientar e monitorizar o progresso do projeto. Fornecer meios e recursos para a execução do projeto.

7. A empresa - Hotgas, lda

Fundada a 14 de setembro de 1999, a Hotgas é uma empresa localizada em Valongo, distrito do Porto. É uma empresa com setores acreditados pelo Instituto português de Acreditação (IPAC) e possui atualmente oito funcionários.

A Hotgas tem um variado leque de serviços disponíveis, concentrados principalmente em três grandes grupos: Inspeções, Calibrações e Verificações.

Fornece serviços nas áreas de inspeções de gás, combustíveis e dispositivos sob pressão. Na área da Metrologia possui setores de calibração de instrumentos de pressão, temperatura e analisadores de CO e detetores de fuga.

Neste momento é o organismo de verificação metrológica (OVM) de manómetros industriais da região norte do país. Cumpre requisitos das normas de ISO/IEC 17020 (Requisitos dos Organismos de Inspeção) e ISO/IEC 17025 (Requisitos dos Laboratórios de Calibração e Ensaio).



Fig.1. Entrada da empresa Hotgas, Lda

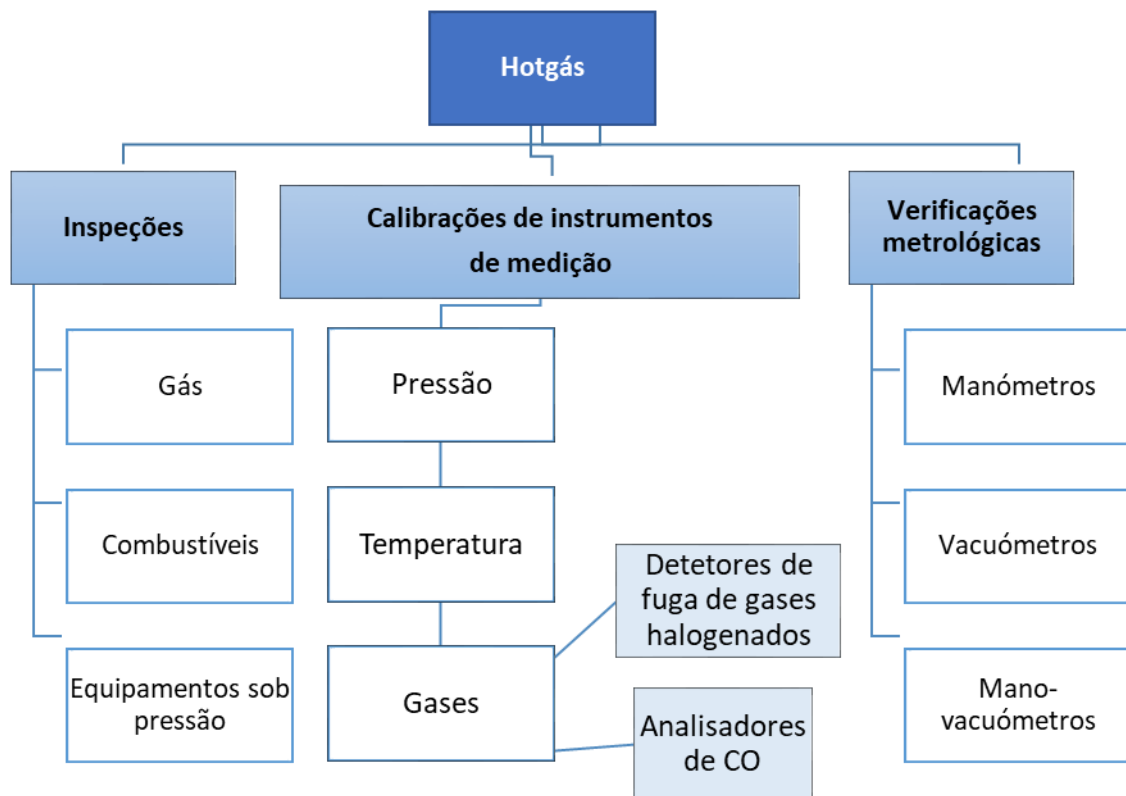


Fig.2. Esquema de atividades da Hotgás, Lda

8. Introdução à metrologia – vocabulário mais frequente

Atualmente aplica-se o Vocabulário Internacional de Metrologia 2012 (VIM 2012). Existe uma versão em português, publicada pelo Instituto Português da Qualidade em colaboração o INMETRO do Brasil. Abaixo encontra-se explicado sucintamente os vocábulos mais utilizados e importantes da metrologia.³

UNIDADE DE MEDIDA - Grandeza escalar real, definida e adotada por convenção, com a qual qualquer outra grandeza da mesma natureza pode ser comparada para expressar, na forma dum número, a razão entre as duas grandezas.

- As unidades de medida são designadas por nomes e símbolos atribuídos por convenção.

GRANDEZA (MENSURÁVEL) - Propriedade de um fenómeno de um corpo ou duma substância, que pode ser expressa quantitativamente sob a forma de um número e duma referência.

VALOR VERDADEIRO - Valor duma grandeza compatível com a definição da grandeza.

- Na Abordagem de Erro para descrever as **medições**, o valor verdadeiro duma grandeza é considerado único e, na prática, impossível de ser conhecido.
- No caso particular duma constante fundamental, considera-se que a grandeza tem um valor verdadeiro único.

VALOR CONVENCIONAL - Valor atribuído a uma grandeza por um acordo, para um dado propósito.

- Um valor convencional duma grandeza é algumas vezes uma estimativa dum **valor verdadeiro**.
- Geralmente considera-se que um valor convencional duma grandeza está associado a uma **incerteza de medição** convenientemente pequena, que pode ser nula.

MEDIÇÃO - Processo de obtenção experimental dum ou mais valores que podem ser, razoavelmente, atribuídos a uma grandeza.

- não se aplica a propriedades qualitativas.
- implica a comparação de grandezas ou a contagem de entidades.
- pressupõe uma descrição da grandeza que seja compatível com o uso pretendido dum resultado de medição, segundo um procedimento de medição e com um sistema de medição calibrado que opera de acordo com o procedimento de medição especificado, incluindo as condições de medição.

MÉTODO DE MEDIÇÃO - Descrição genérica duma organização lógica de operações utilizadas na realização duma medição.

- Direto

- Indireto
- Absoluto
- Diferencial

PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO - Descrição detalhada duma medição de acordo com um ou mais princípios de medição e com um dado método de medição, baseada num modelo de medição e incluindo todo cálculo destinado à obtenção dum resultado de medição.

- Um procedimento de medição é geralmente documentado com detalhes suficientes para permitir que um operador realize uma medição.

MENSURANDA - Grandeza que se pretende medir.

- A especificação de uma mensuranda pode requerer informações acerca de grandezas como o tempo, temperatura e pressão.

GRANDEZA DE INFLUÊNCIA - Grandeza que, numa medição direta, não afeta a grandeza efetivamente medida, mas afeta a relação entre a indicação e o resultado de medição.

- A **Grandeza de Influência** influi no valor da medição.

EXACTIDÃO DE MEDIÇÃO - Grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro duma mensuranda.

- A “exatidão de medição” não é uma **grandeza** e não lhe é atribuído um **valor numérico**. Uma **medição** é dita mais exata quando fornece um **erro de medição** menor.

Fidelidade ou Precisão de medição - Grau de concordância entre **indicações** ou **valores medidos**, obtidos por **medições** repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições especificadas

- é geralmente expressa numericamente por características como a dispersão, o desvio-padrão, a variância ou o coeficiente de variação, sob condições de medição especificadas.
- é utilizada para definir a repetibilidade de medição, a fidelidade ou precisão intermediária de medição e a reprodutibilidade de medição.

INCERTEZA DA MEDIÇÃO - Parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a uma mensuranda, com base nas informações utilizadas.

ERRO DA MEDIÇÃO - Diferença entre o valor medido duma grandeza e um valor de referência.

ERRO RELATIVO - Quociente do erro da medição pelo valor de referência.

CALIBRAÇÃO - Operação que estabelece, sob condições especificadas, num primeiro passo, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; num segundo passo, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando a obtenção dum resultado de medição a partir duma indicação.

CAPÍTULO 2 – POLUIÇÃO DO AR EXTERIOR, CONSEQUÊNCIAS, FACTOS E INTEGRAÇÃO DESTE TEMA NO ESTÁGIO.

1. Introdução à poluição de ar exterior

O aquecimento global é um tema que está cada vez mais presente no nosso dia-a-dia. Este ano assistimos ao seu impacto nas eleições americanas quando o presidente dos Estados Unidos revelou que não reconhecia a existência deste fenómeno, o que levou a que outros chefes de Estado viessem mostrar publicamente a sua preocupação com o futuro do nosso planeta.

Admitir que existe um problema é o primeiro passo para a resolução deste, e quando quem tem poder para reduzir problemas não o faz, os malefícios deste na melhor das hipóteses vão-se manter constantes.

1.1. Aquecimento global

O Aquecimento Global consiste em fenómenos que envolvem a subida da temperatura média do planeta através da reflexão de radiação infravermelha (energia calorífica). Este tipo de alteração, mesmo quando pequena, leva a consequências graves e muitas vezes irreparáveis, como, por exemplo:

- **extinção de milhares de animais e vegetais.** Por diferentes razões como por exemplo a falta de adaptação à temperatura: o seu intervalo de tolerância de temperatura ambiental não inclui a nova temperatura local o que leva à extinção das espécies. A falta de alimento: plantas e animais em pontos mais baixos da cadeia alimentar não conseguem sobreviver à mudança, e por conseguinte, os seres que se alimentavam destas espécies não terão mais alimento, não conseguindo assim sobreviver.
- **Secas.** Como resultado do aumento de temperatura, a taxa de evaporação aumenta e consequentemente os solos ficarão mais áridos e secos. Devido a esta secura nos campos, a sobrevivência das plantas estará posta em risco assim como todos os

seres que dependiam destas para se alimentarem ou para se abrigarem. As secas levam à destruição de habitats e à criação e ampliação de zonas desérticas.

- **Degelo nos polos.** Devido ao aumento da temperatura global, a temperatura dos polos também aumentará o que levará ao degelo dos glaciares e à redução do gelo nos polos.
- **Cheias-** Como consequência do degelo nos polos irá ocorrer uma subida significativa do nível médio do mar e por conseguinte a redução da área da crosta terrestre. Como consequência, a inundação de inúmeros habitats incluindo o do Homem, que utiliza maioritariamente a zona litoral e nela possui a maior parte das suas grandes cidades.
- **Aumento da intensidade dos fenómenos atmosféricos (furacões).** O aumento da temperatura faz com que ocorra maior evaporação e esteja disponível maior energia para formação dos referidos fenómenos atmosféricos.

Existem vários factos que comprovam o Aquecimento Global, e são estes factos que ajudam a alertar as populações e tornar mais emergente a ação destas por forma a que se possa minimizar as suas consequências. Alguns exemplos destes factos são:

- **Desertificação** - O lago Chade (África) perdeu 90% de sua superfície em 40 anos, passando de 25 mil km² a 2,5 mil km²;
- **Desflorestação**— por exemplo da floresta Amazónia;
- **Elevação do oceano**— O nível médio do oceano subiu 1,7 mm por ano entre o século 19 e 20, mas a partir dos finais do século 20 até ao início do século 21 este subiu cerca de 3,1 mm por ano.

- **Degelo nas montanhas**- Os Andes tropicais perderam entre 30% e 100% de sua superfície gelada em 30 anos. 85% da calota polar que cobria o Kilimanjaro em 1912 desapareceu em 2007.
- **Degelo do Ártico** - Pela primeira vez em 2008, a passagem Noroeste da América e a passagem Nordeste da Rússia ficaram sem gelo durante o verão.

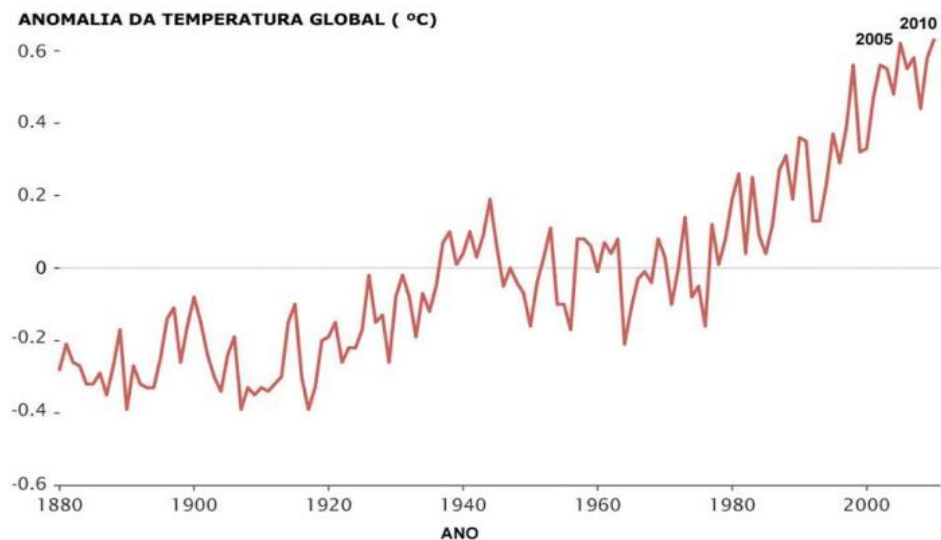


Fig.3. Anomalia da temperatura global entre 1880 e 2010, tendo como referência o ano de 1940. Com a observação do gráfico podemos concluir que houve um aumento da temperatura global entre 1880 e 2010.

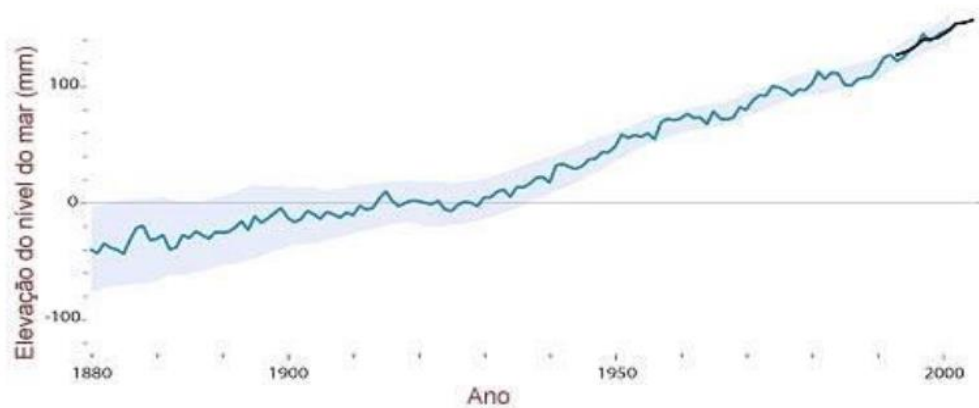


Fig.4. Elevação do nível do mar entre 1880 e 2000, tendo como referência o ano de 1940. Com a observação do gráfico podemos concluir que houve um aumento dos níveis médios do mar entre 1880 e 2000.

O período de impacto geológico do Homem na Terra denomina-se por Tecnógeno. Este termo, proposto por Ter Stepanian, em 1988, é caracterizado pelas transformações provocadas na Terra pelo Homem. O começo do período Tecnógeno foi há cerca de 10.000 anos quando o Homem abandonou a sua fase de coletor e adquiriu técnicas de produção de alimentos. ⁴

O Homem é um ser natural que ao interagir com o meio provoca alterações neste. Este tem um papel fundamental no controlo dos efeitos das mudanças climáticas, pois é por causa do impacto deste que estas se encontram cada vez mais imprevisíveis e violentas.

O impacto antropogénico é muito diverso e amplo, mas as atividades mais prejudiciais para o equilíbrio do planeta para além de evidentes podem ser controladas.

As atividades antropogénicas que mais contribuem para este tipo de poluição são as atividades industriais. Estas são os maiores responsáveis pela emissão em massa de gases poluentes e nocivos para a atmosfera concentrações atmosféricas destes gases estão a aumentar.

As indústrias são impulsionadas pela utilização de agentes poluentes como por exemplo carvão, o petróleo, gases halogenados, o gás natural, entre outros. Ou seja, estas incentivam à produção destes agentes poluentes para que os possam continuar a utilizar.

Os gases responsáveis por esse efeito de estufa são principalmente o CO₂, CO, CH₄, NO₂, S₂O e gases halogenados.

1.1.1 Destruição da camada de Ozono

A camada de ozono é uma região da estratosfera, nomeada de ozonosfera, que possui grandes quantidades de ozono. Encontra-se a 15 km - 35 Km da superfície terrestre e possui cerca de 10 km de espessura. Consiste num escudo natural das radiações ultravioleta mais nocivas à vida. Apenas uma pequena fração de radiação ultravioleta é que passa por esta região. O ozono é produzido através da interação de oxigénio atmosférico com radiação ultravioleta.

No entanto a poluição existente no ar contém compostos que reagem com a camada de ozono, deteriorando-a. Esta deterioração leva a que a proteção que a camada de ozono nos

fornece fique cada vez mais reduzida, pondo em causa o equilíbrio das variáveis que sustentam a vida na Terra como a conhecemos.

1.1.1.1 Gases Halogenados

Os gases halogenados são hidrocarbonetos que contêm, na sua composição elementos como o Cl, F ou Br. Estes gases possuem grande responsabilidade na destruição da camada de ozono. Estes quando são libertados para a atmosfera migram para uma altitude onde existe a camada de ozono, e como nessa altitude a radiação ultravioleta é constante (sem nuvens, etc) faz com que os gases halogenados sofram fotólise, segregando-se em partículas. Estas partículas vão então agrupar-se com compostos da camada de ozono, o que leva a desintegração destes compostos. Tudo isto resulta numa destruição da camada de ozono. Ou seja, a radiação ultravioleta que permite a formação da camada de ozono, também é responsável pela sua desintegração.

O CO₂ é o gás mais responsável pelo aquecimento global, não porque ele destrua a camada de ozono, mas porque torna possível o fenómeno de efeito de estufa. Isto é, quando é libertado para a atmosfera, absorve a radiação infravermelha que foi refletida pela Terra (cerca de 30% da radiação infravermelha é refletida, os outros 70% são absorvidos pela Terra). A radiação infravermelha responsável pela energia em forma de calor em vez de ser libertada para o espaço é irradiada novamente para a Terra, o que leva a um aquecimento desta.

Claro que nem todas as fontes poluentes são antropogénicas. Existem fontes de dióxido de carbono naturais, assim como existem fontes de outros gases nocivos naturais. Estas fontes não se conseguem controlar e elas são importantes pois são responsáveis pela manutenção da temperatura terrestre desde idades pré-históricas.

Podemos, no entanto, controlar a emissão de gases poluentes com causas antropogénicas através da criação de legislação própria para contrariar as tendências criadas. A dificuldade surge no facto das medidas contrariarem os interesses instalados que fazem mover as fontes económicas mais importantes. Felizmente, este esforço de incorporar medidas ambientalistas nas medidas económicas é cada vez mais visível pelos países, e Portugal não é exceção.

Os gases halogenados são utilizados como gases refrigerantes em dispositivos de refrigeração como por exemplo, frigoríficos, ar-condicionado e bombas de calor. Após o conhecimento sobre os malefícios deste tipo de gases na camada do ozono e consequentemente, na vida humana, ter sido descoberto, começaram-se a tomar medidas para minimizar os danos potencialmente causados por gases halogenados. Uma das primeiras tarefas que se realizou foi a substituição dos gases halogenados usados por gases halogenados menos nocivos. Pelo protocolo de Montreal alguns gases como o gás R12 - diclorodifluorometano, foram banidos devido as suas características nefastas para o ambiente e principalmente para a camada do ozono. Foram desenvolvidos gases alternativos como o gás R134A – 2,1,1,2-tetrafluoroetano $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$.

Os instaladores e técnicos de manutenção de libertavam o gás nas suas operações normais de instalação e manutenção de dispositivos de refrigeração. Foi então necessário fazer legislação que impedisse esta libertação. Atualmente estes profissionais têm de recolher os gases halogenados que poderão ser libertados durante as suas operações normais e proceder a sua captura e posterior envio para reciclagem.

Por estes gases circularem em tubagens existe a possibilidade de as mesmas terem fugas. E os técnicos de manutenção para reparar as fugas têm de as detetar.

Os instaladores e técnicos de manutenção são responsáveis por verificar tubagens por onde estes gases passam. Assim necessitam de dispositivos para executar este tipo de trabalho. Esses dispositivos necessitam de ser controlados, para garantir que as medições possuem qualidade. Desta maneira, foi legislado que estes dispositivos de medição fossem calibrados periodicamente.

1.1.1.1.1. Calibração de Detetores de fuga de gases halogenados

A União europeia com o objetivo de evitar a emissão para a atmosfera dos gases halogenados possui o regulamento da comunidade europeia (CE) nº 842/2006 onde especifica como reduzir as emissões dos gases halogenados principalmente através de prevenção de fugas em sistemas.⁵

Os detetores de fuga de gases halogenados são instrumentos medição utilizados para verificar se existem fugas de gases pelos técnicos de refrigeração nas suas operações de instalação e manutenção dos sistemas de refrigeração. O controlo da libertação destes gases para a atmosfera obrigou a que a comunidade europeia legislasse criando o regulamento CE nº 1516/2007. Este regulamento especifica que os detetores de fugas de gases halogenados para poderem ser utilizados deverão ter um limite de sensibilidade inferior de pelo menos 5 g/ano.⁶

Os sensores da maioria destes dispositivos têm um desgaste considerável sendo necessário e obrigatório (regulamento CE nº 1516/2007) proceder à sua calibração com uma periodicidade não superior a um ano.⁶

A Hotgas é uma das entidades portuguesas que possui no seu laboratório de metrologia o fornecimento do serviço de calibração de analisadores de gases halogenados de acordo com a norma EN14624 utilizada para realização dos ensaios especificados pelo regulamento CE nº 1516/2007. Durante a minha permanência no estágio participei nas atividades de calibração de detetores de gases halogenados de acordo com os procedimentos aprovados.⁶

A calibração consiste na determinação dos limites de sensibilidade dos detetores de fuga de gases halogenados em modo estático e dinâmico.

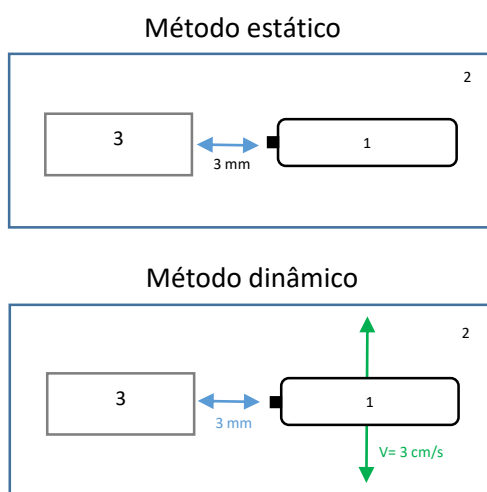
A metodologia utilizada baseia-se no método direto utilizando fugas padrão calibradas e rastreadas superiormente.

No método estático o sensor do detetor de fugas de gases halogenados é levado até à distância de 3 mm da fuga calibrada de valor conhecido. Nesta situação o detetor de fugas de gases halogenados deverá detetar a presença da respetiva fuga padrão. No método dinâmico o sensor de detetor de fuga de gases halogenados movimenta-se à velocidade constante de 3 cm/s, passando à distância de 3 mm da fuga calibrada de valor conhecido. Nesta situação o detetor de fugas de gases halogenados deverá detetar a presença da respetiva fuga padrão.

Em ambas as situações para que o detetor de fugas de gases halogenados esteja em conformidade referida no regulamento CE nº 1516/2007 os resultados obtidos deverão ser positivos para um limite de sensibilidade inferior de 5 g/ano.⁶

Após a realização dos ensaios é emitido um relatório de ensaio em conformidade com os requisitos referidos na norma NP EN 17025.⁷

Fig.5. Esquema dos dispositivos utilizados na calibração de detetores de fuga de gases halogenados



Legenda:

1. Detetor de fuga de gases halogenados;
2. Nicho;
3. Fuga Padrão de R 134 A;

CAPÍTULO 3 - AR INTERIOR, CONSEQUÊNCIAS, LEGISLAÇÃO E INTEGRAÇÃO DO TEMA NO ESTÁGIO

1. INTRODUÇÃO AO AR INTERIOR

O termo ar interior é definido por alguns autores como todo o ar existente em espaços interiores não industriais, por exemplo, escolas, hospitais, restaurantes, habitações, escritórios, etc. O ar dos espaços industriais denomina-se de ar laboral e é caracterizado por concentrações de contaminação muito maiores e mais específicas que o ar interior.

O termo ar exterior é definido como todo o ar existente em espaços abertos.

A problemática da qualidade do ar industrial já existe há algum tempo e por isso consequentemente existem métodos e informação sobre como avaliar e analisar este tipo de ar. No entanto, e devido ao facto de em edifícios não industriais as concentrações das várias substâncias químicas serem muito mais pequenas que nas indústrias o problema do ar interior nunca foi muito estudado pois a contaminação é claramente abaixo dos limites dados para as indústrias. Assim fazer previsões de como a composição química do ar interior irá ser recebida por seres humanos não está disponível. Os contaminantes químicos quando combinados a certas temperaturas e humidade podem ter efeitos prejudiciais à saúde humana, mesmo que em quantidades muito pequenas. Este tipo de informação tem de ser feita.^{8,9}

Mesmo quando análises ao ar interior são pedidas continua a ser muito difícil prever as consequências da exposição a esse ar independentemente da análise feita. Esta área ainda se encontra em desenvolvimento e pode estar até na origem de muitas doenças chamadas doenças do século XXI, como o cancro.

A poluição do ar interior também tem vindo a ser aumentada devido ao desenvolvimento e produção de novos materiais com composições químicas complexas todos os materiais contaminam. Uns mais, outros menos, mas tudo o que se puser dentro de um espaço interior desde paredes, a mobília, tudo contribui para a deterioração do ar nesse espaço. Não são só os seres humanos, mas sim tudo o que eles vivem com.¹⁰

1.1. Consequências na saúde

É difícil ainda estabelecer precisamente até onde é que a qualidade do ar interior é prejudicial para a saúde humana devido à pouca informação sobre o assunto. No entanto sabe-se já quais são os efeitos nocivos em ambientes mais concentrados (ar laboral) e por extrapolação prevê-se os mesmos sintomas, mas com mais baixo nível de intensidade. No entanto é de lembrar que não são conhecidas quais as consequências das várias misturas a baixas concentrações de compostos químicos no ar interior.

Sintomas mais comuns nas várias partes do corpo:

- Olhos: Secura, comichão, vermelhão e lágrimas.
- Nariz e garganta: secura, comichão, congestão nasal, nariz a escorrer, nariz a sangrar e dores de garganta.
- Pulmões: Dureza na área peitoral, sensação de afogamento, tosse seca e bronquite.
- Pele: vermelhão, secura, comichão geral ou localizada.

Os sintomas mais comuns são dores de cabeça, fraqueza, dificuldade de concentração, irritabilidade, ansiedade, náusea e tonturas.

As doenças mais comuns são asma, rinite, dermatite e pneumonia de hipersensibilidade, tuberculose, gripe, doenças relacionadas com a infeção por *legionella spp.*

1.2 Principais causas de má qualidade do ar interior

Existem várias maneiras de contaminar o ar, no entanto as principais são:

- um fornecimento inadequado de ar exterior ou um fraco sistema de manutenção da ventilação.
- Poluentes emitidos pelos materiais de construção ou de mobiliário.
- Poluentes de processos ocorrendo dentro do edifício, uso de impressoras ou produtos de limpeza.
- Contaminantes trazidos do exterior para o interior.

1.3 Legislação

Em Portugal existe legislação que tem em conta esta situação de qualidade de ar interior. Estamos a falar da portaria nº 353-A/2013 que estabelece “valores mínimos de caudal de ar novo por espaço, bem como os limiares de proteção e as condições de referência para os poluentes do ar interior dos edifícios de comércio e serviços novos, sujeitos a grande intervenção e existentes e a respetiva metodologia de avaliação.” No entanto, como o ser humano comum passa pelo menos 8 horas dentro de casa e a respirar ar interior de habitações é necessário que a criação de novas normas e políticas seja continuada. Para além disso apenas alguns compostos estão inseridos nesta portaria. É vital criar instrumentos legislativos eficazes que abordem os problemas de forma clara e ajudem a preservar os recursos para as próximas gerações.¹¹

Abaixo encontra-se quais os contaminantes abrangidos por esta portaria e quais as concentrações máximas admitidas num espaço interior numa média de 8 horas.

Tabela 1. Concentração máxima de certos contaminantes admitida no ar interior numa média de 8h

CONTAMINANTE	CONCENTRAÇÃO MÁX. ADMITIDA NO INTERIOR NUMA MÉDIA DE 8H
Compostos Orgânicos Voláteis (COV's)	600 µg/m ³
formaldeído	100 µg/m ³
CO ₂	2250 mg/m ³
CO	10 mg/m ³
Radão	400 Bq/m ³
PM ₁₀	50 µg/m ³
PM _{2,5}	25 µg/m ³
Fungos	Inferior à detetada no exterior UFC/m ³
Bactérias	Inferior à detetada no exterior acrescida de 350 UFC/m ³
<i>Legionella spp.</i>	100 UFC/L

1.4 Guia Técnico

Para qualquer serviço existente numa empresa é necessária a existência de um guia técnico de cada respetiva atividade, isto é, um conjunto de protocolos e regras explicativas de como executar a atividade em questão.

1.4.1. Introdução

Devido à grande importância do ar interior já reconhecida como um grande fator de risco à saúde humana pela organização mundial de saúde (OMS). Esta confirma que o papel desempenhado pela qualidade do ar interior é um determinante da saúde pública.

Com especial atenção aos grupos particularmente vulneráveis (como idosos, crianças e doentes que passam efetivamente grande parte do seu tempo senão toda dentro de edifícios) sentiu-se a necessidade de explicar detalhadamente de uma maneira prática como controlar a qualidade do ar que estes são expostos.

Já existem normas específicas que facultam o valor limite de exposição (VLE) para partículas suspensas, ozono, Dióxido de azoto e dióxido de enxofre, fumo de tabaco ambiente (FTA)¹², Formaldeído, benzeno, naftaleno, NO₂, CO, Rn, PM_{2,5} e PM₁₀, compostos halogenados e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH).

No entanto não são apenas os poluentes existentes no ar interior. Para selecionar poluentes com o objetivo de criar novas diretrizes par ao ar interior é necessário ter em conta os critérios que a OMS recomenda, sendo estes:¹³

1. Descrição geral do composto
2. Fontes interiores e vias de exposição
3. . Níveis interiores atuais e relação com os níveis exteriores
4. Cinética e metabolismo
5. Efeitos na saúde (efeito não cancerígeno e cancerígeno) (para a população em geral e para grupos suscetíveis identificados)
6. Avaliação de risco para a saúde humana
7. Diretrizes e orientação

Estes critérios vão permitir a separação dos poluentes em dois grupos:

- Grupo A- Poluentes onde é necessário a existência de uma diretriz da OMS;
- Grupo B- Poluentes onde potencialmente existe interesse na existência de uma diretriz da OMS;

Um dos fatores que influencia a qualidade do ar ambiente é o sistema de ventilação deste.

Uma ventilação deficiente é prejudicial à saúde pois pode causar a SED, que será falado mais a frente neste documento, ou outros problemas como inflamações, infeções, etc.

As normas específicas existentes em diretrizes têm sido assentes em níveis de concentração de poluentes específicos considerados aceitáveis.

Diretrizes existentes sobre a qualidade do ar devem ser tidas em conta nos objetivos para ambientes interiores.

É necessário atualizar as diretrizes atuais da OMS de 2000 para o monóxido de carbono pois estas devem assegurar proteção suficiente em casos de envenenamento agudo.

Este guia pode ser utilizado para casos de ar interior, isto é, ar não laboral, ar não industrial.

A qualidade do ar laboral encontra-se coberta por legislações no trabalho e tem orientações próprias.

1.4.2. Finalidade deste guia

Este documento pretende fornecer linhas orientadoras aos responsáveis pela execução de estudos de monitorização da qualidade do ar interior (QAI).

Sem o objetivo de ajudar a definir a metodologia e o domínio de aplicação de QAI.

Este guia oferece uma base para a proteção da saúde pública contra efeitos adversos à exposição de ar interior poluído e também para eliminar ou reduzir ao mínimo qualquer exposição a poluentes conhecidos.

1.4.3. Síndrome do Edifício Doente (SED)

Os edifícios fechados criam um ambiente interno que pode ser hostil aos seus ocupantes. A SED é quando isto acontece, ou seja, consiste na reação generalizada de sintomas numa significativa quantidade de ocupantes do edifício em causa. Sintomas estes como por exemplo, alergias, tosses, dores de cabeça e ou de garganta, irritações nos olhos, etc.

Identificar a SED pode ser complicado pois é necessário que os ocupantes do edifício em questão partilhem informações sobre o seu estado de saúde individual com regularidade. Pois estes sintomas quando avaliados individualmente são normalmente confundidos por gripes, alergias, etc.

Existem quatro fontes principais da SED, fontes biológicas, fontes químicas, fontes de partículas respiráveis e fontes estruturais. Ao longo deste guia irá ser mencionado os constituintes mais comuns de cada uma destas fontes.

1.4.4. Fatores que afetam a QUALIDADE DO AR INTERIOR

Existem vários fatores que resultam na deterioração da QAI, as interações destes fatores levam a uma deterioração maior da QAI. Deve-se procurar identificar as fontes destes fatores para melhor se encontrarem soluções para melhorar a QAI.

1.4.5. Precauções a tomar

- Os sistemas de ar condicionado devem ser verificados regularmente para se garantir que a sua função está a ser cumprida.
- Casas de banhos, cozinhas e locais para fumadores devem ser mantidos a pressões regulativas, desta maneira os poluentes não migrarão para outros locais.
- Salas de computadores devem ser mantidas a pressões positivas para evitar a entrada de pó.

1.4.6. Métodos de Avaliação

A finalidade da avaliação da QAI é detetar um ou mais problemas da QAI em edifícios. Procura detetar problemas para se proceder à pesquisa de soluções.

A avaliação deve iniciar-se pela produção de um relatório de avaliação preliminar. Seguidamente deve-se dar início aos trabalhos de amostragem. Proceder-se à análise de resultados e finalizar com um relatório de QAI e se necessário plano de implementação proposto.

1.4.7. Avaliação preliminar

Uma Avaliação preliminar - AP - é fundamental para que se possa fazer uma mostragem representativa do local ao mais baixo custo possível, sempre tendo em conta que a prioridade está em garantir a qualidade da apreciação.

Deve-se assim visitar o edifício em causa para listar informação útil na identificação de fatores e fontes possivelmente problemáticos, como por exemplo:

- Localização de cada fonte;
- Nº de fontes de emissão;
- Taxas e emissão para cada fonte;
- Dispersão por meio de corrente de ar;
- Características de cada fonte;
- A natureza e eficácia das medidas de controlo;
- Tempo que os ocupantes gastam perto das fontes de emissões;
- Os processos que podem causar ou aumentar as emissões;
- Possíveis queixas dos ocupantes;
- Nº de ocupantes;
- Área total.

Deve-se pedir ainda uma cópia das plantas dos edifícios ou locais a avaliar.

Um dos indicadores fáceis de observar numa visita inicial são os odores. Estes estão muitas vezes associados a sintomas dos ocupantes. A tabela 3 relaciona odores com possíveis sintomas nos ocupantes.

Descrição	Problema	Queixas
Gases de escape da exaustão (diesel)	Monóxido de carbono	Dores de cabeça, náuseas, cansaço, vertigens
Odores corporais	Sobre lotação, baixa taxa de ventilação (elevados níveis de dióxido de carbono)	Dores de cabeça, cansaço, abafamento
Cheiro a mofo (bafio)	Material microbiano	Sintomas de alergia
Cheiro a compostos químicos	Formaldeído, pesticidas, outros compostos	Irritação dos olhos, nariz e garganta
Cheiro a solventes, perfumes, outros	COVs	Odores, sintomas de alergia, vertigens, dores de cabeça
Cheiro a cimento molhado, pó, calcário	Partículas, sistema de humificação	Olhos secos, problemas respiratórios, irritação do nariz e garganta, irritação na pele, tosse, espirros
Odor de gás de esgoto (efluente)	Sifão de água seco nos drenos do chão de casas de banho e porões	Cheiro a efluente doméstico

Tabela 2. Relacionamento de certos odores com possíveis sintomas nos ocupantes e contaminantes relacionados.

1.4.8. Leituras diretas da avaliação preliminar

Numa visita inicial deve-se executar algumas medições mínimas que irão ser muito uteis para planear a amostragem.

Uma leitura direta corresponde a uma leitura imediata, no momento de medição. Estes dispositivos portáteis são fáceis de usar, mas não nos fornecem informações sobre a composição qualitativa do ar. Apenas quantitativa para o composto que o equipamento está calibrado para.

Algumas destas medições devem ser, por exemplo:

- Teor de CO₂ - acima de 1000 ppm indica taxa de ventilação baixa.
- Taxa de ventilação e circulação do ar
- Procurar mofo visível
- Verificar temperatura e humidade relativa.

1.4.9. Exemplo de plano de uma avaliação preliminar

1. Identificação de potenciais exposições a contaminantes através de uma lista de todos os contaminantes, substâncias ou reagentes que possam contribuir para a exposição;
2. Recolher informações sobre processos e procedimentos para avaliar a potencial exposição aos contaminantes listados no ponto 1;
3. Recolher informações sobre a ventilação e outros meios de controlo na fonte;
4. Recolher informações sobre a duração da exposição;
5. Recolher informações sobre possíveis queixas dos ocupantes;
6. Fazer avaliação preliminar de exposição com o fim de estabelecer as probabilidades de exposição nos diferentes locais;
7. Utilizar instrumentos de leitura direta para confirmar a avaliação do ponto 6.

1.4.10. Plano de Amostragem

1. Definir as zonas de medição.
2. Determinar o nº de amostras necessárias para a avaliação do local, e o tempo de duração da amostragem;

1.4.10.1. Zonas de medição

Deve-se dividir o local de medição por zonas. Esta divisão deve ter em conta alguns critérios:

1. Uma zona é servida pela mesma unidade de tratamento de ar (UTA) ou sistema de ventilação;
2. Uma zona apenas possui semelhantes atividades e fontes de emissão de poluentes.

Deve-se dar prioridade às zonas que possuam locais onde houve registos de queixas, e às zonas que na avaliação preliminar pareçam as mais poluídas.

No entanto, para objetivos de comparação é sempre bom avaliar as zonas que pareçam menos poluídas. Outro método que resulta eficazmente é a escolha de zonas aleatórias.

1.4.10.2. Nº mínimo de pontos por zona

Para calcular o nº de locais de amostragem mínimos em cada zona tem-se em conta a formula abaixo:¹³

$$N_i = 0,15 \times \sqrt{A_i}$$

N_i – nº de locais de medida na zona i

A_i – área da zona i em m^2

No entanto para além do nº mínimo de locais de amostragem deve-se ter em conta também a localização destes locais.

Esta localização não deve ser a menos de um metro de fontes de contaminação, por exemplo, fotocopiadoras, etc.

As medições devem ainda ser feitas ao nível das vias respiratórias.

Algo a ter em atenção é também o tempo de medição da amostragem, pois este deve ser representativo do período de funcionamento das atividades.

Foram utilizadas as seguintes definições pelo associação portuguesa do ambiente (APA):

- **Intervalo de tempo de medição**- Intervalo de tempo Δt_i durante o qual é efetuada uma medição simples.
- **Intervalo de tempo de monitorização** - Intervalo de tempo T durante o qual é efetuada uma série de medições simples ou em contínuo

A NP EN689:2008 ainda nos apresenta uma relação entre o tempo e o nº mínimo de amostras.

Tabela 3. Correlação entre o tempo de amostragem e o número mínimo de amostras por turno de amostragem ¹⁴

Tempo de amostragem	Nº mínimo de amostras por turno
10 segundos	30
1 minuto	20
5 minutos	12
15 minutos	4
≥ 2 horas	1

1.4.11. Pessoal

Como em qualquer outra área quanto mais conhecimento sobre a área tiverem os profissionais envolvidos melhor, o trabalho é feito com maior qualidade e com menos contratempos.

É sempre aconselhável existir uma equipa multidisciplinar onde todas as dúvidas ou obstáculos sejam facilmente resolvidos.

Os melhores profissionais para medir e avaliar potenciais poluentes talvez sejam químicos, higienistas industriais, etc. No entanto para avaliar a efetividade de um projeto um engenheiro mecânico seria uma melhor escolha.

Em termos de melhoria da qualidade do ar recomenda-se ainda a integração na equipa de arquitetos, pois uma das principais fontes da SED são as fontes estruturais do edifício, e um arquiteto poderia fornecer informações e dicas para a melhoria da qualidade do ar num edifício para este tipo de fontes.

1.4.12. Vantagens de Análise de um ar interior

- Estabelecer condições base, de modo a que posteriormente seja possível verificar a evolução da QAI ao longo do tempo num dado local, e desta maneira melhorar ou não piorar a QAI;
- Comparar a QAI com a qualidade do ar exterior (QAE);
- Encontrar as fontes de possíveis problemas;
- Verificar se os meios de controlo da QAI têm funcionamento desejado, por exemplo se a ventilação é suficiente;
- Descobrir problemas particulares de edifícios;
- Certificar que os VLE estabelecidos pelas normas específicas de saúde pública e de conforto não são ultrapassados;
- Eliminar ou reduzir a exposição a poluentes.

1.4.13. Quando fazer uma Análise de qualidade do ar interior

Recomenda-se que as medições sejam executadas de manhã para que se meça a QAI sem influência humana. E depois no final do dia para que se meça a poluição gerada pelos ocupantes.

É necessário ter em conta a época do ano pois normalmente épocas mais frias tende-se a permitir menos ventilação que nas épocas mais quentes, o que leva a um aumento de concentração de poluentes em casos normais. Outro motivo também será a sazonalidade de possíveis fontes emissoras como por exemplo sistema de ar condicionado.

1.4.14. Garantir a qualidade dos resultados

A qualidade dos resultados é um fator crucial e dele depende a qualidade das medições executadas. Para garantir que foi feita uma medição representativa da realidade existem alguns passos fundamentais que devem ser cumpridos.

O primeiro é a estratégia de amostragem, sempre tendo em atenção o tempo da amostragem. Os objetivos específicos das medições determinam a sua estratégia. Seguidamente é necessário garantir que todos os dispositivos utilizados em medições estão devidamente calibrados. Sem estas calibrações é impossível saber em que estado se encontra o respetivo equipamento. Usa-se padrões com concentrações conhecidas e averigua-se o erro do nosso equipamento. Utilizamos estes novos dados nos certificados emitidos com os resultados.

Ainda se recomenda a acreditação das atividades em causa, assim como auditorias internas e externas e exames inter laboratoriais. Todas estas atividades potencializam uma garantias e provas de qualidade.

1.4.15. Diretrizes gerais para estabelecer locais de monitorização

- Amostragem deve ser feita a pelo menos 0,5m dos cantos, janelas, paredes e divisórias;
- Amostragem não deve ser feita diretamente de baixo ou á frente de difusores de ar (ventoinhas, etc);
- Amostragem deve ser feita a pelo menos 1m das fontes, por exemplo, impressoras;
- Amostragens deverão ser ao nível das vias respiratórias isto é altura $\approx 1,5 \pm 0,5$ m acima do chão;
- Os sensores colocados no exterior devem estar dentro de um abrigo que os projeta da ação direta do sol e da humidade e ainda devem ficar devidamente seguros contra extravios ou modificações.
- Estes sensores devem estar pelo menos 1,8 m acima do nível do solo;
- A temperatura deve ser monitorizada a alturas de 0,1 , 0,6 , 1,1 e 1,7 m acima do solo.¹³

1.4.16. Métodos de medição

Métodos de medição consistem numa série de procedimentos e requisitos necessários para atingir uma determinada finalidade. Estes métodos variam de acordo com a grandeza física, grau de precisão, circunstâncias, etc.

Escolher o método de medição pode não ser tarefa fácil talvez o melhor local para decidir qual o melhor método de recolha para cada composto seria o site da NIOSH ou OSHA o catálogo para saber qual o método de colheita. Nestes catálogos também possuem informação sobre o fluxo de ar, a duração da amostragem, o tipo de tubo a utilizar, o tipo de método a utilizar e o volume de ar. Em alternativa tem nos catálogos “Air sampling guides” da SKC. Por vezes, nestes catálogos, não estão presentes os valores de CLG/STEL ou o valor máximo, porque é suposto proceder-se ao seu cálculo. É possível ver como se procede ao cálculo na norma. O catálogo tenta unir as informações existentes no guia dos vários fabricantes, mostrando qual o método analítico que se deve utilizar, qual o meio de colheita, em que condições deve ser feita a amostragem e qual é a identificação do composto. Tudo isto com o objetivo de se obter os resultados mais representativos possíveis.¹⁵

Recomenda-se, principalmente em contexto de fiscalização o uso de métodos de medição de referência ou equivalentes e que as metodologias utilizadas na amostragem e conseguinte medição estejam de acordo com as normas nacionais e respetivas legislações.¹⁵

Os métodos de medição podem ser diretos ou indiretos. Os métodos diretos fornecem-nos uma resposta imediata sobre a concentração do poluente a ser avaliado enquanto que os métodos indiretos requerem uma análise laboratorial posterior à amostragem e normalmente necessitam de uma bomba, um calibrador e um meio de amostragem como dispositivos.

Aquando a utilização de métodos diretos deve-se proceder a medições em tempo real e durante um mínimo de 8 horas durante o horário de ocupação do edifício em causa.

No caso dos métodos indiretos deve-se proceder a medições integradas, isto é, medições num período de tempo integrado, posteriormente deve ser feita uma análise laboratorial.

Métodos de amostragem

Para executar qualquer método são necessários determinados dispositivos. Estes podem ser divididos em três grupos, de acordo a como efetuam medições:

- Dispositivos utilizados para leituras diretas;
 - tubos colorimétricos;
 - tubo com carvão ativado;
 - tubo de sílica;
 - monitor.
- Dispositivos utilizados para medições ativas e passivas;
 - Bombas;
 - Calibradores;
 - Sacos;
 - “Calisters”;
 - Filtros;
 - Impactor.

Métodos de análise

Existem métodos específicos de acordo com o tipo de medição que cada equipamento faz alguns destes métodos que vamos abordar são:

- Métodos de dispositivos de leitura direta;
 - por exemplo:
 - usando um detetor por ionização em chama (FID);
 - usando um detetor de fotoionização (PID);
 - usando um detetor de infravermelhos fotoacústico (PAS);
 - Monitor Eletroquímico.
- Métodos de dispositivos ativos e passivos;
 - por exemplo:
 - cromatografia gasosa (GC);

- Espectrofotometria de Ultravioleta;
- Método do borbulhador;
- Método gravimétrico;
- Dispersão ótica;
- Espectrometria de massa (MS);
- Cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC).

1.4.17. Dispositivos utilizados para leituras diretas

O tubo de sílica é um tubo com o interior preenchido de sílica gel. Utilizado para amostrar fumos ou gases ácidos. Um fluxo de ar com volume e tempo conhecido (caudal) é forçado pelo tubo através de uma bomba, isto leva a que o fluxo de ar entre em contacto com a sílica gel que se encontra no interior do tubo. A sílica funciona com um filtro que retém contaminantes, permitindo assim a sua análise posterior.

O tubo de carvão ativado é um tubo preenchido com carvão ativado. Utilizado para amostrar substâncias orgânicas no ar. Um fluxo de ar com volume e tempo conhecido é forçado pelo tubo através de uma bomba, isto leva a que o fluxo de ar entre em contacto com o carvão ativado que se encontra no interior do tubo. Através de um processo denominado adsorção os contaminantes existentes no ar ficam retidos no carvão ativado, permitindo assim a sua análise posterior.

O tubo colorimétrico é um tubo preenchido com um reagente que muda de cor em contacto com um agente específico. Utilizado para gases.

Um fluxo de ar com volume e tempo conhecido é forçado pelo tubo através de uma Bomba, isto leva a que o tubo fique com uma certa área colorida. Analisando estes 3 fatores é possível indicar a concentração do agente específico, equivalente em ppm, existente no meio.

1.4.18. Dispositivos utilizados para medições ativas ou passivas

As bombas são dispositivos utilizados para medições ativas e passivas.

Pode-se utilizar as bombas para análise de gases/vapores ou partículas. Os gases/vapores consistem em fluxos absorventes e por isso necessitam de baixos fluxos para dar tempo para serem absorvidos (mL/min). As partículas por sua vez consistem em altos fluxos (L/min) Exemplo de bomba: SKC deluxe.

Uma bomba não serve para ler fluxos, para isso usa-se um calibrador.

As bombas são dispositivos estáveis. No entanto é recomendado calibrar a bomba com o calibrador antes de ir para o campo e depois para verificar ou validar depois para ver se o fluxo se manteve.

O calibrador é um equipamento de medição que permite determinar o fluxo antes e depois da colheita. Normalmente faz-se 3 amostras antes e 3 depois.

Procedimento de calibração:

- Regista-se 3 determinações (não é um método normativo) com bomba para o valor X e depois tira-se esse valor ao valor determinado em campo.
- Considera-se a média das 3 determinações.
- Deve ainda haver um critério de aceitação definido pelo laboratório, normalmente de 2% de erro entre o valor antes da amostra e depois da amostra.

Por outras palavras, com ajuda do calibrador no laboratório mede-se o fluxo da bomba 3 vezes, faz-se a média dessas 3 medições e regista-se o resultado. Depois já no local designado (campo) e realiza-se as medições necessárias. Após terminado, regressa-se ao laboratório e torna-se a verificar com o calibrador qual o fluxo que da bomba (3 medições, e faz-se a média) A diferença dos dois resultados (antes e após campo) corresponde ao erro.

Um meio de amostragem pode ser, por exemplo, um tubo de tygon, utilizado para fluxos altos (1000 mL/min a 3000 mL/min).

Os sacos são dispositivos que permitem a recolha de ar. Estes possuem limites de temperatura que dependem do polímero deste e da válvula. Usam-se quando se pretende uma amostra instantânea. A amostra dentro do saco começa a deteriorar-se ao fim de 24 horas. Não é possível fazer amostragens de azoto amoniacal em sacos.

Os sacos são utilizados em situações de emergência, para determinação de concentrações máximas, em leituras diretas, e quando se trata de amostragens de gases altamente voláteis.

As cassetes são recipientes compostos por membranas que filtram o fluxo de ar.

Os filtros consistem em membranas com porosidades definidas.

Os impactores são recipientes que recolhe o fluxo de ar para um meio de colheita líquido. Onde o fluído recolhido é posteriormente filtrado através de uma membrana.

1.4.19. Principais métodos das medições com leituras diretas

O FID é um detetor de um cromatógrafo muito estável que deteta um grande número de COV's. Funciona por queima do composto orgânico numa chama de hidrogénio e ar, gera-se assim iões que são atraídos para um eletrodo coletor. Isto produz corrente elétrica que é amplificada e registada.

O PAS usa-se um comprimento de onda da luz infravermelha mede-se a variação de pressão dos COV's causados pela absorção da radiação IV e o aumento de temperatura resultante com a deteção acústica.

No método amperométrico o composto reage electroquimicamente num eletrodo específico o que gera corrente elétrica proporcional à sua concentração.

1.4.20. Principais métodos das medições ativas/passivas

A fotometria de absorção de ultravioleta expõe-se o composto a radiação UV o que leva à absorção de parte desta radiação. A diferença de intensidade obtida é proporcional à concentração do composto.

No método gravimétrico utilizando-se uma bomba, uma cassete e um filtro dentro da cassete. Pesa-se o filtro seco, recolhe-se ar, e seguidamente procede a uma nova pesagem do filtro seco. A diferença de massa indica a massa partículas existentes por unidade de volume de ar.

A dispersão ótica é um método onde se seleciona uma entrada com um tamanho específico (por exemplo PM₁₀). As partículas agrupam-se numa célula ótica e quanto maior a presença de partículas maior a dispersão de luz.

	Método de referência	Métodos equivalentes
Avaliação da humidade relativa	Método direto	---
Avaliação da temperatura	Método direto	---
Avaliação da concentração de CO₂	NDIR; PAS	Método eletroquímico;
Avaliação da concentração de CO	NDIR	Método eletroquímico;
Avaliação da concentração de O₃	Fotometria de absorção de ultravioleta	Método eletroquímico;
Avaliação da concentração de COVs¹⁶⁻¹⁸	Recolha e análise por cromatografia	PID; PAS
Avaliação da concentração de partículas em suspensão no ar	Método gravimétrico	Dispersão ótica;
Avaliação de CH₂O	Recolha e análise por cromatografia	Método eletroquímico; Método de fotometria;

Tabela 4. Tipo de sensor de monitorização, método de referência e método equivalente usados para avaliar alguns parâmetros.

1.4.21. Fontes poluentes

As fontes poluentes podem dividir-se em três tipos, as fontes estruturais, as fontes químicas e as fontes de partículas respiráveis.

1.4.21.1. Fontes estruturais

1.4.21.1.1. Temperatura e Humidade relativa

Definições

A humidade relativa é normalmente definida como a relação entre a quantidade de água existente no ar (humidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura, ou seja se o ar estivesse saturado.¹⁹

A temperatura é uma grandeza física que expressa a medida da agitação dos átomos ou moléculas de um corpo.²⁰

Valores:

- Uma humidade relativa inferior a 25% leva normalmente a um aumento do desconforto humano, pois existe uma secagem de membranas mucosas e pele que resultam normalmente em gretas ou irritação. Nestes valores também ocorre um aumento da eletricidade estática, o que provoca desconforto no uso de dispositivos por exemplo.²¹
- Uma humidade relativa elevada pode levar a condições interiores ideais ao desenvolvimento de fungos.

Principais dispositivos utilizados são dispositivos de leitura direta

Humidade:

- **Psicrómetros** – avaliam o vapor de água contido na atmosfera, através da diferença de temperatura entre dois sensores de temperatura.
- **Higrómetros** – Absorvem vapor de água contido na atmosfera. O ponteiro encontra-se num ponto calibrado com condições específicas. Com a variação dessas condições o aparelho absorve vapor de água e o ponteiro desloca-se e apresenta valores de humidade relativa.

Temperatura:

- **Termómetro de vidro** – Podem por exemplo conter mercúrio e este composto varia de volume de acordo com a temperatura. Assim quando a temperatura sobe o volume do mercúrio aumenta e ocupa mais espaço no tubo interior onde se encontra. Permitindo assim verificar qual a temperatura ambiente.
- **Termómetro de infravermelhos** – Utiliza-se um foco de energia infravermelha que é posteriormente convertida para sinal elétrico após a compensação da variação da temperatura ambiente.
- **Termómetro de contacto** – Funciona através de uma ponta magnética que contém um sensor de temperatura.

1.4.21.1.2. Ventilação

Definições

Denomina-se de ventilação ao processo de renovação de ar. É um processo muito importante pois em demasia leva ao arrefecimento e conseguinte desconforto do edifício, mas quando em pouca quantidade leva à acumulação de poluentes que consequentemente causam também desconforto para os ocupantes do edifício.²²

Valores:

- Recomenda-se que no período de Inverno não exceda 0,15 m/s;²³
- Recomenda-se que no período de Verão não exceda 0,25 m/s;²³

1.4.21.2. Fontes Químicas**1.4.21.2.1. Benzeno****Definições**

O Benzeno é um composto aromático com um único anel hexagonal de carbono insaturado. Tem como características principais ser um líquido sem cor, volátil e altamente inflamável. Possui no entanto um odor característico.^{24,25}

O benzeno existe no ar predominantemente na fase vapor, pois evapora muito rapidamente devido a possuir uma pressão de 12,7 kPa a 25º C.²⁴

Fontes emissoras:

Pode ser originado pela entrada de ar exterior através de certas indústrias como as que trabalham com compostos químicos, gás natural, petróleo, etc, mas também existem fontes interiores como por exemplo, materiais de construção, mobília, sistemas de aquecimento, e até atividades humanas.²⁶ Algumas fontes afirmam ainda que garagens conectadas a casas podem contribuir até 60% do benzeno encontrado no ar interior da casa, podendo mesmo chegar aos 8 µg/m³.^{27,28} Quanto aos materiais de construção estes constituem uma grande fonte de emissão de benzeno para o interior.²⁹ Materiais como por exemplo vinil, policloreto de vinilo (PVC), chão de borracha, carpetes de nylon ou carpetes com SBR-latex na base, fibra de vidro, tintas, etc.^{30,31}

Valores:

- Possui uma densidade de 874 kg/m³ a 25º C.²⁵
- Não existe um nível seguro de exposição que possa ser recomendado.²⁴

- Nas discotecas a concentração média num estudo feito na Alemanha foi de 193 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.³²
- Em escritórios de 8 países europeus a concentração média calculada foi de 14,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.³³
- Dois estudos em humanos mostraram que 50% da quantidade de benzeno inalada é absorvida.^{34,35}
- A curto prazo não existe efeito a menos de 25 ppm. Verifica-se dores de cabeça e astenia de 50 a 100 ppm. A 3000 ppm existe uma tolerância de cerca de 30 a 60 minutos.³⁶
- Existem evidências suficientes que mostram que a exposição a este composto leva à ocorrência de leucemia mieloide aguda. O risco desta casualidade é 2,2-7,8 num milhão numa concentração no ar de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.^{34,35,37-40}

1.4.21.2.2. Tabaco

Definições

Estão identificados no fumo do tabaco mais de 5.000 constituintes do fumo (ou emissões). Aproximadamente 70 destes constituintes foram identificados pelas autoridades de saúde pública como causas prováveis de doenças associadas ao ato de fumar.⁴¹

O fumo de tabaco ambiente (FTA) é normalmente definido como os componentes no ar interior que são originados pelo fumo do tabaco.

O FTA é emitido primariamente pela ponta incandescente do cigarro, isto leva à emissão de um fluxo secundário que é o que contamina o ar interior. Considera-se que o fluxo primário é o fluxo absorvido pelo fumador.

Valores:

- Já foi claramente documentado que mineiros de urânio que fumam têm muito maior risco de cancro relacionado com o sistema respiratório do que os mineiros de urânio que não fumem.⁴²
- 90 % a 95 % da nicotina está presente na fase vapor do fumo de tabaco ambiente (FTA).⁴²
- O tamanho das partículas no FTA é mais pequeno ($< 0,2\mu$) que no ar interior normal ($\approx 0,3 \mu$);⁴²
- O pH do FTA é mais alto (6,8 – 8,0) que no ar interior normal (5,8 – 6,2);⁴²

Tabela 5. Emissões típicas de um cigarro

Poluente	mg
PM₁₀	18 ⁴³
Dióxido de Carbono	160 – 550 ⁴⁴
Monóxido de Carbono	60 ⁴³
Formaldeído	0,4 ⁴⁴
COVs	3,6 ⁴³

Tabela 6. Valores Limite Estabelecidos ⁴⁵

Poluente	mg/m ³
PM₁₀	0,15
Dióxido de Carbono	1800
Monóxido de Carbono	12,5
Formaldeído	0,1
COVs	0,6

Métodos de medição e dispositivos

Os dispositivos utilizados para medir o impacto do tabaco são os mesmos utilizados para medir os seus constituintes.

Quanto ao método podemos fazer um cálculo da concentração de equilíbrio, ou seja quanto caudal novo tem de entrar para que os valores limites dos poluentes não sejam excedidos.

$$C_{equilibrio} \left(\frac{mg}{m^3} \right) = C_{exterior} + \frac{Emissão\ poluente \left(\frac{mg}{h} \right)}{Caudal\ novo \left(\frac{m^3}{h} \right)}$$

Por exemplo:

Se se fumar em média 2 cigarros por hora quer dizer que temos uma concentração de CO de 2 x 60 por hora, isto é 120 mg /h. Admitindo que não existe CO no ar exterior quer dizer que a nossa equação ficaria assim,

$$C_{equilibrio} = 0 + \frac{120}{Caudal\ novo \left(\frac{m^3}{h} \right)}$$

Dando valores ao Caudal novo é possível fazer um gráfico. A linha vermelha representa o valor limite estabelecido, que no caso do CO é 12,5 mg/m³.

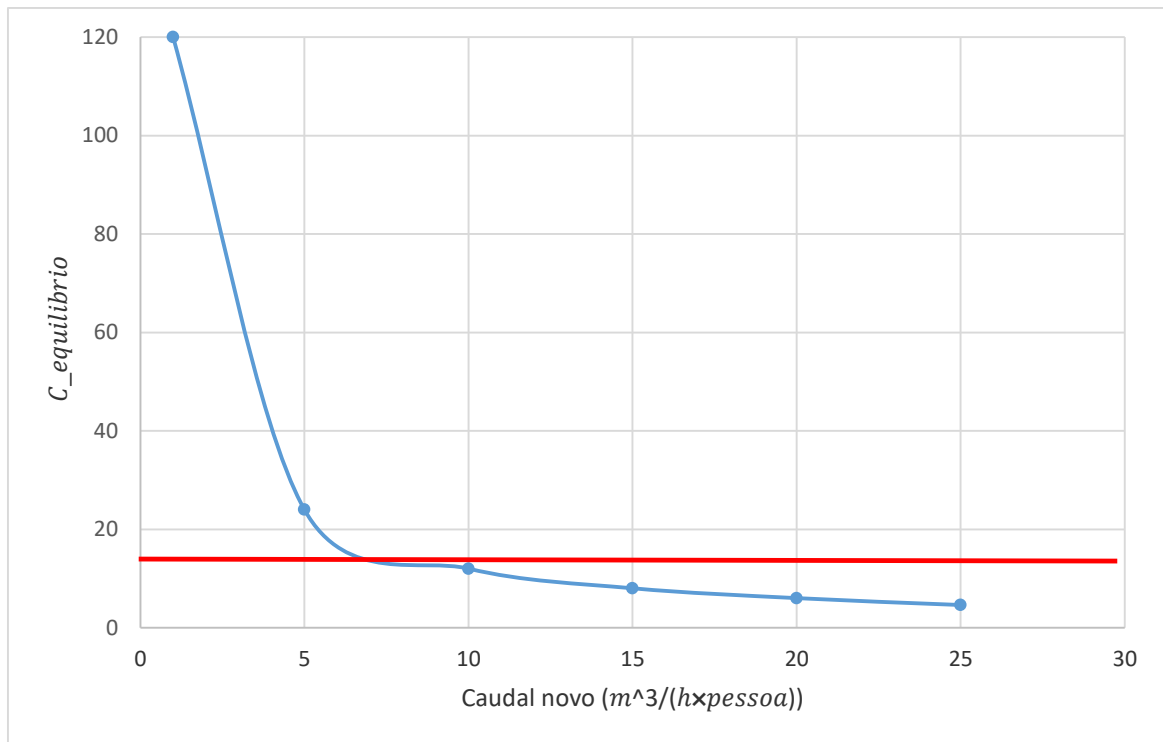


Fig.6. Gráfico da relação entre a concentração equilíbrio e o caudal novo.

Assim conseguimos averiguar que no caso do CO o caudal novo tem de ser superior a 9,6

$$\frac{m^3}{h}.$$

1.4.21.2.3. Dióxido de Carbono (CO₂)

Definições

O dióxido de carbono é um composto constituído por dois átomos de oxigénio e um átomo de carbono.¹²

Valores:

- Recomenda-se uma taxa mínima de ventilação exterior de 10 L/s por pessoa;¹³

1.4.21.2.4. Monóxido de Carbono (CO)

Definições

O CO é um gás tóxico, não-irritante, sem cor e sem odor.⁴⁶ O CO é indetetável pelos humanos, pois não apresenta cor, cheiro ou sabor. Mistura-se livremente com o ar e pode formar misturas explosivas com este. Pode também ser usado como combustível.⁴⁷

Dois terços das fontes emissoras são causadas por atividades antropogénicas.⁴⁷

Valores:

- Os valores limite recomendados são de 100 mg/m³ durante 15 minutos, 35 mg/m³ durante 1 hora, 10 mg/m³ durante 8 horas e 7 mg/m³ durante 24 horas.¹²

1.4.21.2.5. Formaldeído (CO₂)

Definições

Formaldeído é um gás sem cor, inflamável e muito reativo a uma temperatura ambiente de 25° C.⁴⁸ É emitido por várias fontes naturais e também antropogénicas.⁴⁹ Também é de mencionar que é formado também por oxidação de COVs e reações entre o ozono e alcenos.⁵⁰

Valores:

- Recomenda-se um valor limite médio de 0,1 mg/m³ durante 30 minutos.⁵¹
- Irritações são sentidas entre 0,15 mg/m³ e 1,25 mg/m³.⁵²

1.4.21.3. Fontes de Partículas respiráveis

Definições

As partículas respiráveis encontram-se suspensas no ar e podem ter composições físicas e químicas muito diferentes, assim como tamanhos. São emitidas através de vários tipos de fontes, sejam estas industriais, naturais ou por combustões. As combustões, resultantes do uso de automóveis, são o principal meio de emissão destas partículas.

Podem apresentar vários tamanhos, no entanto, as que apresentam risco para a saúde humana possuem um tamanho inferior a 10 µm. As partículas respiráveis com 10 µm são denominadas de PM₁₀, e as partículas respiráveis com 2,5 µm são denominadas de PM_{2,5}. As PM₁₀ conseguem penetrar nas vias respiratórias, o que tem consequências negativas para a saúde humana, especialmente em indivíduos de risco como crianças e idosos.

As PM_{2,5} têm consequências mais nefastas pois conseguem penetrar nos alvéolos pulmonares.

Valores:

- O valor limite de PM₁₀ num período de referência de 1 dia é de 50 µg/m³. Este valor não pode ser excedido mais que 35 vezes por ano civil.⁵³

- O valor limite médio para um período de referência de um ano civil é de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Com uma margem de tolerância de 20 %.⁵³

1.4.22. Interpretação de resultados

Ao se utilizar a bomba fica-se com a informação da quantidade de fluxo de ar amostrada num determinado tempo. Estas informações permitem-nos calcular o volume de ar amostrado.

Por exemplo: Fluxo = 201 mL/min = 0,201 L/min e Tempo = 102 min

$$Vol (L) = \text{fluxo} \left(\frac{L}{\text{min}} \right) \times \text{tempo} (\text{min})$$

$$Vol (L) = 0,201 \left(\frac{L}{\text{min}} \right) \times 102 (\text{min}) \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow Vol (L) = 20,502$$

De seguida é necessário saber qual a concentração do contaminante a ser analisado para verificar se está dentro do limite ou não.

Por exemplo: massa do contaminante = 240 µg = 0,240 mg

$$\text{Concentração} \left(\frac{mg}{m^3} \right) = \frac{\text{Massa do contaminante} (mg) \times 1000 (L)}{\text{volume} (L)}$$

$$\text{Concentração} \left(\frac{mg}{m^3} \right) = \frac{0,240 \text{ mg} \times 1000 (L)}{20,502 (L)} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow \text{Concentração} \left(\frac{mg}{m^3} \right) = 11,70 \text{ mg}/m^3$$

Por fim, convertemos para ppm, porque o valor de referência está em ppm.

$$[conc. (ppm)] = \frac{\left[conc \left(\frac{mg}{m^3}\right)\right] \times 24,45}{massa\ molar\ do\ composto}$$

- A massa molar do composto pode ser consultada na norma.
- O valor 24,45 corresponde ao valor do volume molar do ar em dm³ para condições de 1 atm e temperatura de 25°C, na norma tem para outras condições diferentes desta, mas estas são as mais utilizadas.

$$[conc. (ppm)] = \frac{\left[11,7 \left(\frac{mg}{m^3}\right)\right] \times 24,45}{78,11} \leftrightarrow$$

$$\leftrightarrow [conc. (ppm)] = 3,66\ ppm$$

Deve-se agora confrontar com a lei o valor obtido.

Os valores legislados sobrepõem-se à norma. Esta define linhas orientadoras para uma utilização na prática.

O VLE não é como uma linha divisória, pois não possuem exequibilidade técnica. Por exemplo, não existem um VLE para uma concentração mínima de oxigénio. O valor de referência é 19,5 %.

Nas normas legislativas estão explícitos VLE de vários contaminantes, estes VLE podem ser de 3 tipos.

- Valor limite de exposição – média ponderada (VLE-MP)= - 8h ou semana de 40h/35h, sempre publicado na norma.

- Valor limite de exposição – curta duração (VLE -CD) - curto período de tempo que não excede 15 minutos. Pode ou não estar na norma, se não estiver deve-se calculá-lo conforme a fórmula abaixo.

$$VLE - CD = 3 \times VLE - MP$$

- Valor limite de exposição –concentração máxima (VLE-CM) – concentração espontânea, valor máximo. Não se encontra na norma, pode ser calculado através da fórmula abaixo.

$$VLE - CM = 5 \times VLE - MP$$

O VLE-CM tem de ser sempre cumprido e não pode ser excedida.

VLE-CD acima de VLE-MP não pode exceder 3 x em 30 minutos e nunca podem exceder 5 x a VLE-CM.

1.4.23. Formulário para tratamento de dados

Cálculo da Média ponderada (MP)

$$\frac{\sum c_i t_i}{\sum t_i} = \frac{c_1 t_1 + c_2 t_2 + \dots + c_n t_n}{8 \text{ horas}}$$

c_i – concentração do poluente no t_i

t_i – tempo de exposição

No entanto se não houver alterações e 2 horas forem representativas das 8 horas em questão pode-se então fazer só 2 horas e estrapular para 8 horas.

Mistura de substâncias

- Junta-se misturas com o mesmo tipo de efeito

$$\frac{\text{conc. observada } 1}{VLE1} + \frac{\text{conc. observada } 2}{VLE2} + \dots > 1$$

O problema com as misturas é que elas respondem diferente dos compostos que possuem, ou seja os compostos individualmente pode cumprir os VLE mas em mistura podem não o fazer.

No VLE-MP pode cumprir mas no VLE-CD não.

Índice biológico de exposição (IBE)

- Usa-se para ver a exposição que o operador está sujeito.

IBE vs VLE

- Na maioria das situações há uma relação direta.
- Podem haver inconsistências provocadas pelo operador como por exemplo a gravidez, género, idade, dieta alimentar, etc.

Tabela 7. As componentes de incerteza a considerar para o cálculo do valor de incerteza segundo a EN12341:1998⁵⁴

Quantidade	Símbolo	Componente adicional aos testes de campo	Componente adicional aos testes de campo
Massa $m_{f+p} - m_f$	u_m	LVS	HVS
Desempenho da entrada na amostragem	u_{mfp}	Negligenciável	Negligenciável
Percas no sistema pneumático do sistema de amostragem	u_{mfl}	Negligenciável	Negligenciável
Eficiência do filtro	u_{mfe}	Zero por convenção	Zero por convenção
Efeito da humidade no filtro	u_{mhf}	40 $\mu\text{g} / \sqrt{3}$	500 $\mu\text{g} / \sqrt{3}$
Efeito da humidade nas partículas	u_{mhpf}	60 $\mu\text{g} / \sqrt{3}$	800 $\mu\text{g} / \sqrt{3}$
Efeito da flutuação	u_{mh}	3 $\mu\text{g} / \sqrt{3}$	30 $\mu\text{g} / \sqrt{3}$
Efeitos estáticos	u_{mst}	Negligenciável	Negligenciável
Efeitos de contaminação	u_{mnc}	Negligenciável	Negligenciável
Efeito da calibração da balança	u_{mba}	10 $\mu\text{g} / \sqrt{3}$	100 $\mu\text{g} / \sqrt{3}$
Efeito da deriva do zero da balança	u_{mzd}	10 $\mu\text{g} / \sqrt{3}$	100 $\mu\text{g} / \sqrt{3}$
Caudal	u_f	LVS	HVS
Certificado de calibração	u_{fc}	0,25%/√3	0,25%/√3
Desvio da calibração	u_{fd}	2%/√3	2%/√3
Deriva do caudal	u_{fd}	~3%/√3	~3%/√3
Influência do sensor de temperatura Máxima diferença para 1 K	u_{θ}	~0,3%	~0,3%
Influência do sensor de pressão Máxima diferença para 10 mbar	u_p	~1%	~1%
Sub total		2,3%	2,3%
Tempo	u_t	Negligenciável	Negligenciável
Testes de campo	u_{campo}	~1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	~1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Incerteza combinada (*)	u_c	1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

* $U = 2 \cdot \sqrt{(u_{campo}^2 + u_m^2 / V^2 + C^2 \cdot u_f^2 / 100^2)} \mu\text{g} / \text{m}^3$

CAPÍTULO. 4 – OUTRAS ATIVIDADES REALIZADAS EM ESTÁGIO

1. Calibração de Analisadores de CO ambiente

O CO é um gás tóxico, não-irritante, sem cor e sem odor.⁴⁶ O CO é indetetável pelos humanos, pois não apresenta cor, cheiro ou sabor. Mistura-se livremente com o ar. Pode também ser usado como combustível. Dois terços das fontes emissoras de CO são causadas por atividades antropogénicas.⁴⁷ É produzido em condições de combustão incompleta.

Para os humanos este gás é capaz de envenenamento. Após inalado é difundido pelos vasos sanguíneos e combina-se com a hemoglobina resultando no complexo carboxihemoglobina. Por conseguinte, a quantidade de hemoglobina disponível para o transporte de oxigénio é altamente reduzida. A exposição a CO produz sintomas, tais como, tonturas, náuseas, vômitos, dores de cabeça, dores no peito, perda de consciência, entre outros. Este tipo de envenenamento pode ainda resultar em sequelas cardíacas e/ou neuronais, ou mesmo a morte. Os parâmetros que diferenciam os sintomas são a concentração ao CO, o tempo de exposição a este e a sensibilidade do indivíduo.

Em Portugal, ocorrem todos os anos acidentes com o CO que resultam em mortes, principalmente durante o Inverno que é quando as pessoas utilizam sistemas de combustão para aquecimento, e quando a ventilação das casas também é reduzida.

Fig.7. Notícia retirada do Diário de Noticias do dia 1/05/2017⁵⁶

Pai e filha morrem intoxicados com monóxido de carbono

Acidente causou ainda dois feridos e aconteceu esta madrugada em Almeida, na Guarda.

01.05.17

O decreto-lei nº 102/2010 que fixa objetivos para a qualidade do ar ambiente com o objetivo de evitar, prevenir ou reduzir as emissões de poluentes atmosféricos.

Os limiares de avaliação numa média de 8 horas são determinados a partir das concentrações registadas nos 5 anos anteriores. Determina-se o limiar superior de avaliação e o limiar inferior de avaliação.

Considera-se que um limiar foi ultrapassado se este for excedido em pelo menos três anos desses cinco anos. Para o monóxido de carbono o limiar superior de avaliação é de 70% do valor limite, ou seja, 7 mg/m³, e o limiar inferior de avaliação é de 50% do valor

limite, ou seja, 5 mg/m³.⁵³ O valor limite para um período de referência de 8 horas é de 10 mg/m³, com uma margem de tolerância de 60 %.

O método de referência para a medição do monóxido de carbono é o método que está na EN 14626:2005 descrito.⁵⁷

A Hotgas é uma das entidades portuguesas que possui no seu laboratório de metrologia o fornecimento do serviço de calibração de medidores de CO ambiente acreditado pelo IPAC.

Durante a minha permanência no estágio participei nas atividades de calibração de medidores de CO ambiente de acordo com os procedimentos aprovados.

A calibração dos medidores de CO ambiente é realizada pelo método direto. Neste método o sensor do medidor de CO a calibrar é colocado sob o efeito de um gás padrão com um valor conhecido.

Após estabilização do valor indicado pelo medidor de CO, é determinado o seu erro de medição.

A operação é realizada para diferentes concentrações de gás padrão de CO.

$$\text{erro do medidor CO} = \text{valor indicado pelo medidor CO} - \text{valor gás de referência}$$

Após os ensaios de determinação dos erros do medidor de CO é calculada a incerteza de medição de cada um dos valores medidos no medidor CO. A metodologia utilizada na determinação do valor da incerteza de medição é constante no documento EA 04/02-n. Esta metodologia de cálculo de incertezas tem por base o documento “Guide to the expression of uncertainty in measurement” (GUM).

Após a realização dos ensaios é emitido um certificado de calibração em conformidade com os requisitos referidos na norma NP EN 17025.

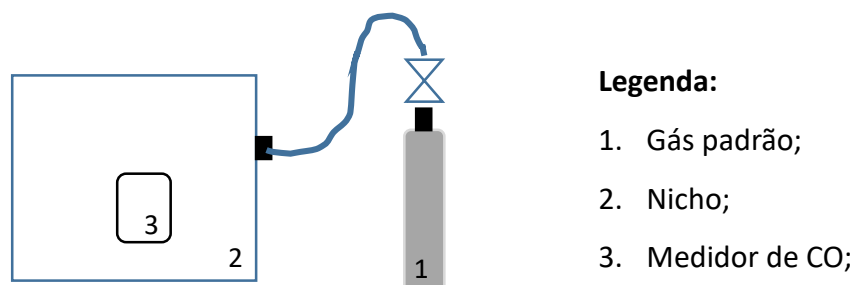


Fig. 8. Representação esquemática da calibração de um medidor de CO.

O ensaio dá origem a um certificado de calibração. (anexo 8)

Na análise do certificado de calibração de um medidor de CO ambiente (Anexo 8) verifica-se que um dos parâmetros referidos é a incerteza da medição. Tal parâmetro fornece-nos de alguma forma a qualidade do resultado de medição expresso. Este parâmetro pode ser calculado utilizando diferentes métodos, como por exemplo, o método GUM que é o mais utilizado em laboratórios de calibração e ensaio (JCGM 100)⁵⁸ e o método de Monte Carlo (JCGM 101⁵⁹). Em seguida, irei demonstrar a aplicação do método GUM utilizado para a determinação do valor da incerteza da medição expressa no certificado da calibração referida.

1. Determinação da Incerteza da medição

A incerteza de uma medição é um parâmetro que indica quantitativamente a qualidade da medição, noutras palavras, é uma estimativa que caracteriza o intervalo de valores na qual se encontra o valor verdadeiro da mensuranda.⁶⁰

Utilizamos os princípios referidos no documento JCGM 100 que compila os princípios do documento “Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement”. Neste está

explicitada um método para a determinação da incerteza associada ao resultado de medições de uma grandeza Y .^{61,62}

A quantidade medida Y , é função das grandezas de entrada X_i , cuja expressão é dada por:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n)$$

2. Incerteza combinada

A incerteza dos valores medidos por analisadores de CO, é influenciada pelas características de desempenho dos próprios instrumentos, pelas condições específicas do local, pela qualidade dos gases de calibração utilizados, pela eficiência do sistema de amostragem, etc.

As grandezas de entrada não são exatas, por isso estas contribuem para a incerteza global do resultado final que é dado pelo somatório das incertezas individuais, que são consideradas independentes.⁶³

Da análise das fontes de incerteza verificam-se que estas de acordo com o documento podem ser classificadas em fontes de incerteza tipo A e fontes de incerteza tipo B.

As fontes de incerteza tipo A são aquelas que partindo de uma série de resultados obtidos no processo de medição é possível calcular a sua variabilidade em torno do respetivo valor da média.

A contribuição destas fontes de incerteza para a lista das fontes de incerteza resume-se à determinação da sua variabilidade pressupondo que a função distribuição de probabilidade é normal e que se possa aplicar o teorema do limite central.

Valor da média dos n resultados obtidos

$$\bar{q} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n q_k$$

Variabilidade dos n resultados obtidos

$$s^2(q_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (q_j - \bar{q})^2$$

Melhor estimativa da variabilidade da média

$$s^2(\bar{q}) = \frac{s^2(q_k)}{n}$$

As fontes de incerteza tipo B são aquelas que reconhecendo a sua existência não possuímos uma série de resultados que possamos evoluir como no caso das fontes de incerteza tipo A. Nestas situações é necessário estimar a função distribuição de probabilidade por forma a garantir um valor de variabilidade representativo da fonte de incerteza.

Estima-se o tipo de distribuição (retangular, triangular, sinusoidal, etc).

Estima-se os limites de cada uma dessas distribuições e calcula-se a respetiva variabilidade.

Exemplo: Distribuição retangular

$$u^2(x_i) = (a_+ - a_-)^2 / 12$$

No caso de a distribuição ser centrada:

$$u^2(x_i) = a^2 / 3$$

Após obter as variabilidades de todas as fontes de incerteza consideradas é necessário conjuga-las por forma a que se obtenha a variabilidade global de um sistema. De acordo com o documento

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)$$

Nesta expressão $\left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)$ representa o coeficiente de sensibilidade de cada uma das fontes de incerteza. Indica-nos a importância que a fonte de incerteza tem na determinação da variabilidade global. É calculada como a derivada parcial da função Y em ordem a fonte de incerteza considerada. Esta expressão provém das ordens mais elevadas da série de Taylor.

Após calculada a variabilidade global da conjugação das nossas fontes de incerteza podemos afirmar que essa variabilidade se refere ao valor medido (Y). O método indica que o valor da incerteza global deverá ser expandido para um nível de confiança de 95%.

Por isso após a determinação da raiz quadrada da variância global deveremos multiplicar o resultado por 2 para obter o nível de confiança de 95% desejado.

	1ª medição	2ª medição	3ª medição	média u(x1)	tipo	distribuição	c	u(x1)^2	
Repetibilidade das medições	50	50	50	50	A	normal	1	0	
Resolução do equipamento a calibrar	-	-	-	1	B	retangular	1	0,083333333	
Incerteza do gás padrão	-	-	-	0,5	B	normal	1	0,0625	
Incerteza da realização do zero do instrumento de medição	-	-	-	1	B	retangular	1	0,083333333	
Deriva do padrão entre calibrações	-	-	-	0,5	B	retangular	1	0,020833333	
							soma=	0,25	
c = df/dxi							u(Y)=	0,5	
							k=	2	
							U=	1,0	ppm

Fig. 9 - Caso da determinação da incerteza expandida da medição de 50 ppm do certificado de calibração (Anexo 8).

Verifica-se que o nosso resultado é idêntico ao expresso no certificado de calibração.

2. Calibração de Termómetros

A temperatura é uma grandeza que está relacionada com a energia interna de um sistema termodinâmico, isto é, com a agitação de moléculas no corpo que acontece quando existe um deslocamento da energia cinética de uma molécula.

Os instrumentos de medição utilizados para medir esta grandeza são nomeados de termómetros.

Existem vários tipos de termómetros. Os termómetros de vidro funcionam com o princípio do equilíbrio térmico. Isto é ao estarem expostos a uma certa temperatura atingem o equilíbrio térmico o que faz com que a substância termométrica que se encontra dentro do termómetro se dilate ou contraia. Podem por exemplo conter mercúrio e este composto varia de volume de acordo com a temperatura. Assim quando a temperatura sobe o volume do mercúrio aumenta e ocupa mais espaço no tubo interior onde se encontra. Permitindo assim verificar qual a temperatura ambiente.

Os termómetros de infravermelhos utilizam um foco de energia infravermelha que é posteriormente convertida para sinal elétrico após a compensação da variação da temperatura ambiente.

Os termómetros de contacto funcionam através de uma ponta magnética que contem um sensor de temperatura.

É necessário proceder à calibração regular deste tipo de instrumentos de medição pois estes não se mantêm constantes, e a não calibração faz com que a qualidade das medições reduza consideravelmente.

A Hotgas é uma das entidades portuguesas que possui no seu laboratório de metrologia o fornecimento do serviço de calibração de termómetros acreditado pelo IPAC, nomeadamente, termómetros de liquido em vidro, sensores de temperatura com indicador e termómetros de radiação infravermelha.

Durante a minha permanência no estágio participei nas atividades de calibração de sensores de temperatura com indicador (termómetro digital) de acordo com os procedimentos aprovados.

A calibração dos termómetros é realizada pelo método direto. Neste método o sensor do termómetro a calibrar é colocado num meio termostático regulado (gasoso ou

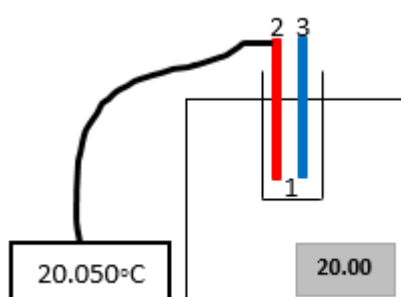
líquido) conjuntamente com o sensor do termómetro padrão. Após estabilização do meio termostático na temperatura pretendida são comparadas as indicações do termómetro a calibrar e do termómetro padrão e determinado o erro de medição do termómetro a calibrar:

$\text{erro do termómetro} = \text{valor indicado pelo termómetro} - \text{valor indicado pelo padrão}$

Os pontos de calibração são normalmente escolhidos pelo cliente em função das temperaturas utilizadas com o termómetro.

Após os ensaios de determinação dos erros do termómetro é calculada a incerteza de medição de cada um dos valores medidos no termómetro. A metodologia utilizada na determinação do valor da incerteza de medição é constante no documento EA 04/02-n. Esta metodologia de cálculo de incertezas tem por base o documento GUM.

Após a realização dos ensaios é emitido um certificado de calibração em conformidade com os requisitos referidos na norma NP EN 17025.



Legenda:

1. Meio termorregulado;
2. Padrão de temperatura – PT100 de 4 fios;
3. Termómetro;



Fig. 10. – Representação esquemática de uma calibração de um termómetro.

3. Colaboração no projeto de instalação de uma balança manométrica no laboratório de metrologia de pressão (determinação do valor da gravidade local)

No processo de instalação e colocação em funcionamento de uma nova balança manométrica para calibração de manómetros no intervalo de 0 a 1000 bar relativos, fui solicitada para participar na determinação do valor da aceleração da gravidade local necessária para o cálculo do valor da pressão materializada pela balança manométrica.

$$p_e = \frac{\sum_i m_i \cdot g \cdot \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{m_i}}\right) + \sigma \cdot c}{A_p \cdot [1 + (\alpha_p + \alpha_c) \cdot (t - tr)]}$$

Legenda

p_e - Pressão efetiva na base do pistão - Pa

m_i - Massa aplicada (pistão e sino são contabilizados como massas também) - kg

g - Aceleração gravítica local - m/s²

ρ_a - Massa volúmica do ar- kg/m³

ρ_{m_i} - Massa volúmica de cada massa i - kg/m³

σ - Tensão superficial do óleo - N/m

c - Perímetro do pistão - m

A_p - Área efetiva do conjunto pistão-cilindro - m²

α_p - Coeficiente de expansão térmica linear do pistão - °C⁻¹

α_c - Coeficiente de expansão térmica linear do cilindro - °C⁻¹

t - Temperatura do conjunto pistão-cilindro- °C

tr - Temperatura de referência do conjunto pistão- cilindro - °C

Após consulta dos documentos de referência (por exemplo, manual do fabricante da balança manométrica) foi realizada a determinação da constante da aceleração da gravítica (laboratório da Hotgas em Valongo).

Foram utilizados diferentes métodos e comparados os resultados obtidos.

Ver anexo 1

Gravidade Local calculada através de valores médios das anomalias

Valor máximo	Valor mínimo	Valor médio	Unidades
9,803145392	9,802430673	9,802788	m/s ²

Gravidade Local calculada através da média dos valores de gravidade local calculados

Valor máximo	Valor mínimo	Valor médio	Unidades
9,80317738	9,80239882	9,802788	m/s ²

Tabela 8. Resultados do cálculo de gravidade local.

4. Material de apoio a formação

A Hotgas (Eng. Fernando Sousa) em representação da Relacre foi ao IEPF de Évora ministrar uma formação na área da metrologia. O material de apoio ao capítulo do cálculo das incertezas da medição foi executado por mim e encontra-se disponível no anexo 2.

5. Presença em ateliês e sessões de formação

A Hotgas possibilitou-me a oportunidade de participar em vários ateliês e sessões de informação sobre o tema da metrologia e ar interior.

a) “Amostragem de ar interior e ar laboral”

A Hotgas deu-me a oportunidade de participar num encontro em Lisboa sobre “Amostragem de ar interior e ar laboral”. Este ateliê falou sobre os métodos de amostragem de ar interior e laboral e quais os instrumentos a serem utilizados. Foram ainda apresentados conceitos e debatidos planos técnicos de controlo de qualidade e relatórios de amostragem. Diploma no anexo 3 deste documento.

b) “Metrologia e Ensino”

A Hotgas deu-me a oportunidade de participar num encontro em Lisboa sobre “Metrologia e ensino”. Tive oportunidade de rever conhecimentos sobre metrologia assim como adquirir conhecimentos novos. A iniciativa visa a divulgação de conceitos metrológicos e a

interação entre os responsáveis pelas atividades metrológicas, os responsáveis pela elaboração dos programas curriculares, as instituições de ensino e os docentes. Diploma no anexo 4 deste documento.

c) “Adoção do sistema métrico e a Metrologia Legal em Portugal”

A Hotgas deu-me a oportunidade e participar num encontro em Lisboa sobre “Adoção do sistema métrico e a Metrologia Legal em Portugal”. Neste ateliê foi apresentada a importância da adoção do Sistema Métrico Decimal no contexto da criação de um sistema de Metrologia Legal moderno em Portugal. Realçou-se o papel relevante do Museu do IPQ na ligação entre o passado e o presente da Metrologia. Promoveu-se o estudo da história da Metrologia em Portugal. Diploma no anexo 6 deste documento.

d) “A importância das medições no ar Ambiente Laboral”

A Hotgas deu-me a oportunidade e participar num encontro em Lisboa sobre “A importância das medições no ar Ambiente Laboral”. Neste ateliê apresentou-se e debateu-se as principais questões relacionadas com as medições no Ar Ambiente Laboral. Realçou-se a importância das medições no ar ambiente laboral.

e) “Reciclagem para auditores”

A Hotgas deu-me a oportunidade e participar num encontro em Lisboa sobre “Reciclagem para auditores”. Neste ateliê foram discutidas estratégias e técnicas comunicacionais eficazes. Foram apresentadas metodologias e técnicas de avaliação. Falou-se ainda de tipos de constatações e sua redação e da importância da criação de registos em auditoria.

f) “Meteorological Technology World Expo 2017”

A Hotgas proporcionou-me a oportunidade de ir a uma feira internacional que se realizou em Amsterdão, Holanda. Esta feira encontra-se no âmbito do estado de arte dos instrumentos da qualidade do ar. Foi uma experiência maravilhosa, nunca tinha ido a nenhuma exposição profissional e tive a oportunidade de falar com vários profissionais de vários países. Aprendi muito. Duas empresas, uma no Reino Unido e outra na Eslováquia, ficaram interessadas no que estávamos a tentar fazer, e pediram que continuássemos em contacto pois estavam disponíveis para trabalhar connosco. No futuro espero ir a muitas mais feiras. Diploma no anexo 7 deste documento.

6. Indução e integração em serviços generalistas realizados na Hotgas

Com vista a ter conhecimento e possuir informação básica relativa a assuntos generalistas realizados por qualquer empresa do tipo de prestação de serviços semelhantes à Hotgas, foi-me facultado o acesso a alguns destes serviços.

a) Integração

Durante as primeiras três semanas foi-me facultado os procedimentos de gestão aprovados por forma a que tomasse conhecimento das normas e das regras aí especificadas. De referir que estas normas e procedimentos cumprem os requisitos das normas ISO/IEC 17020 que correspondem aos requisitos dos Organismos de Inspeção e ISO/IEC 17025 que correspondem aos Requisitos dos Laboratórios de Calibração e Ensaio, aplicadas a organismos de inspeção e laboratórios de calibração e ensaio.

b) Atendimento ao cliente

Foi-me facultado a interação com os clientes que se deslocavam à Hotgas fazendo a primeira abordagem pessoal. Face às respostas encaminhava o cliente para o respetivo setor.

c) Atendimento telefónico

Foi-me facultado formação com vista ao atendimento telefónico e encaminhamento dos interlocutores para o respetivo setor.

Onde foram apresentadas e debatidas questões sobre as medições de ar ambiente laboral. Quais as maiores dificuldades de quem presta este serviço, e como estas dificuldades poderiam ser resolvidas. Ouvimos também um médico do trabalho a falar sobre as consequências de uma má qualidade de ar laboral.

d) Faturação

Foi-me facultada a formação com vista à realização das operações de faturação e tesouraria nomeadamente, realização de faturas, faturas/recibo e recebimentos.

CONCLUSÃO

O estágio proporcionou-me um primeiro contacto com o mundo do trabalho. O contacto diário com profissionais e clientes teve um impacto significativo no meu crescimento profissional.

Conhecimento teórico é sempre fundamental e necessário em todas as áreas em que temos contacto, este funciona como uma base que irá melhorar e ajudar a reagir e perceber as experiências que vivemos. No entanto, o conhecimento empírico é vital, saber estar, saber como falar, perceber o para lá do obvio, saber ler as pessoas, saber como reagir, tem de ser praticado, melhorado. Uma vida profissional plena passa por saber gerir e controlar o que sentimos, apesar do que vemos, e ouvimos, e esse tipo de controlo só acontece após muita experiência.

BIBLIOGRAFIA

1. Wyon, D. P. 'The effects of indoor air quality on performance and productivity.' Indoor air 14.s7 (2004): 92-101.
2. Wargocki, Pawel, et al. 'Perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity in an office with two different pollution loads.' Indoor air 9.3 (1999): 165-179.
3. Vocabulário Internacional de Metrologia 2012 (VIM 2012).
4. Aparecida De Oliveira, A., Manoel, A., Oliveira, S., Roberto, M. & Andrade, M. Depósitos tecnogênicos como testemunhos e indicadores de processos geológicos em área urbana degradada em Guarulhos, SP Technogenic deposits as witnesses and indicators of geological processes in urban area degraded in Guarulhos, SP. 5, 12–27 (2014).
5. Regulamento EU 2017/605 – relativo as substancias que empobrecem a camada de ozono (2017).
6. Regulamento CE n. 1516/2007 de 19 de Dezembro de 2007, relativo a (2007).
7. NP EN 17025.
8. WHO (world health organization) – selected pollutants – 2010.
9. Encyclopaedia of Occupational health and Safety – chapter 44 – Indoor air quality.
10. Cornell university – Causes of poor indoor air quality and what you can do about it – 2010.
11. Portaria nº353-A/2013 – Diário da República nº234 de 4 de dezembro de 2013.
12. Air Quality Guidelines for Europe Second Edition- WHO- (2000).
13. APA. Qualidade do Ar em Espaços Interiores-Guia Técnico. 1–53 (2009).
14. NP EN689:2008 - Atmosferas dos locais de trabalho: guia para a apreciação da exposição por inalação a agentes químicos por comparação com valores limite e estratégia de medição / IPQ, (2008).
15. Jardim, D. *et al.* Metodologia de avaliação da qualidade do ar interior em edifícios de comércio e serviços no âmbito da Portaria 353-A / 2013. 1–25 (2015).
16. ISO 16017-2:2003 - Indoor, ambient and workplace air, (2003).
17. ISO 16017-1: 2000 - Indoor, ambient and workplace air, (2000).

18. ISO 16000-5:2007 - Indoor air -- Part 5: Sampling strategy for volatile organic compounds (VOCs). (2007).
19. Arquivo da FEUP - humidade relativa - visitado em junho 2017- link: [//biblioteca.fe.up.pt/arquivo/glossario/humidade-relativa/](http://biblioteca.fe.up.pt/arquivo/glossario/humidade-relativa/)>
20. Instituto de Física da UFRGS - visitado em Junho 2017- Link: www.if.ufrgs.br/cref/leila/temp.htm
21. Kotzias, D. *et al.* Institute for Health and Consumer Protection Physical and Chemical Exposure Unit I-21020 Ispra (VA), Italy Final Report The INDEX project Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU. (2005).
22. do Ambiente, A. P. Qualidade do Ar em Espaços Interiores. *Agência Port. do Ambient.* (2009).
23. Bay, H. *et al.* Ventilation for Acceptable. ANSI/ASHRAE Add. n to ANSI/ASHRAE Stand. 62-2001 8400, 64–65 (2004).
24. World Health Organization Regional Office for Europe. VISITADO EM Junho de 2017- link: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf>
25. Mobile-Source Air Toxics: A Critical Review of the Literature on Exposure and Health Effects | Health Effects Institute.
26. Jia, C., Batterman, S. & Godwin, C. VOCs in industrial, urban and suburban neighborhoods—Part 2: Factors affecting indoor and outdoor concentrations. *Atmos. Environ.* 42, 2101–2116 (2008).
27. Assessment, U. E. N. C. for E. Contribution of vehicle emissions from an attached garage to residential indoor air pollution levels. (2009).
28. Batterman, S., Jia, C. & Hatzivasilis, G. Migration of volatile organic compounds from attached garages to residences: A major exposure source. *Environ. Res.* 104, 224–240 (2007).
29. Volatile organic compounds in indoor air: a review of concentrations measured in North America since 1990.
30. IEH report on the benzene in the environment. Leicester, MRC Institute for

Environment and Health, 1999.

31. Ezeonu, I. M., Price, D. L., Simmons, R. B., Crow, S. A. & Ahearn, D. G. Fungal Production of Volatiles during Growth on Fiberglass. *Appl. Environ. Microbiol.* 4172–4173 (1994).
32. Bolte, G. *et al.* Exposure to environmental tobacco smoke in German restaurants, pubs and discotheques. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 18, 262–271 (2008).
33. Zuraimi, M. S. *et al.* A comparative study of VOCs in Singapore and European office buildings. *Build. Environ.* 41, 316–329 (2006).
34. Hajimiragha, H., Ewers, U., Brockhaus, A. & Boettger, A. Levels of benzene and other volatile aromatic compounds in the blood of non-smokers and smokers. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 61, 513–518 (1989).
35. Pekari, K. *et al.* Biological monitoring of occupational exposure to low levels of benzene. *Scand. J. Work. Environ. Health* 18, 317–22 (1992).
36. Fiche toxique benzene. Paris, INRS. 1–11 (2016).
37. Bayliss, D. L., Chen, C., Sonawane, B. & Valcovic, L. Carcinogenic Effects of Benzene: An Update. EPA Draft Doc. #EPA/600/P-97/001A 1–43 (1997).
38. Rinsky, R. A., Hornung, R. W., Silver, S. R. & Tseng, C. Y. Benzene exposure and hematopoietic mortality: A long-term epidemiologic risk assessment. *Am. J. Ind. Med.* 42, 474–480 (2002).
39. Epa, U. & Risk Information System Division, I. Extrapolation of the Benzene Inhalation Unit Risk Estimate to the Oral Route of Exposure. (1999).
40. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans - Benzene, (1987).
41. Organização Mundial de Saúde, Scientific Advisory Committee on Tobacco Product Regulation Recommendation on Tobacco Product Ingredients and Emissions (2002).
42. Solá, X. G. Chapter 44 - Indoor Air Quality INDOOR AIR QUALITY : INTRODUCTION. 1–32 (2016).
43. Simone Charles *et al.*, VOC and Particles Emissions from Commercial Cigarettes: Analysis of 2,5 DMF as na ETS Tracer, 42, 1324-1331, *Environ Sci Tehnol* (2008).

44. Ventilation and Smoking, REHVA GUIDE BOOK n° 4, Hakon Skistad & Ben Brosema ediitors.
45. RSECE, Decreto-lei 79/2006 de 4 de Abril, Anexo VII, Artigo 29º, n° 8 e n° 9.
46. United Nations Environment Programme. & World Health Organization. *Carbon monoxide*. (World Health Organization, 1979).
47. Alm, S., Jantunen, M. J. & Vartiainen, M. Urban commuter exposure to particle matter and carbon monoxide inside an automobile. *J. Expo. Anal. Environ. Epidemiol.* 9, 237–44
48. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans., World Health Organization. & International Agency for Research on Cancer. *Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol*. (International Agency for Research on Cancer,(2006)).
49. Fonger, G. C. Hazardous substances data bank (HSDB) as a source of environmental fate information on chemicals. *Toxicology* 103, 137–45 (1995).
50. Wisthaler, A. *et al.* Technical Note: Intercomparison of formaldehyde measurements at the atmosphere simulation chamber SAPHIR. *Atmos. Chem. Phys.* 8, 2189–2200 (2008).
51. Wolkoff, P. & Nielsen, G. D. Non-cancer effects of formaldehyde and relevance for setting an indoor air guideline. *Environ. Int.* 36, 788–799 (2010).
52. Arts, J. H. E., Rennen, M. A. J. & de Heer, C. Inhaled formaldehyde: Evaluation of sensory irritation in relation to carcinogenicity. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 44, 144–160 (2006).
53. Decreto-Lei n° 102/2010 - objetivos para a qualidade do ar, (2010).
54. DIN EN 12341:2014 Ambient air - Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM₁₀ or PM_{2,5} mass concentration of suspended particulaAmbient air - Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM₁₀ or PM_{2,5} ma.
55. AENOR. AENOR: Norma UNE-EN 12341:1999, (1999).
56. EN 16662-3:2005
57. EN 14626:2005 - Ambient air quality - Standard method for the measurement of

- the concentration of carbon monoxide by non- dispersive infrared spectroscopy.
58. JCGM. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement Évaluation des données de mesure — Guide pour l’expression de l’incertitude de mesure.
 59. Committee for Guides in Metrology, J. Evaluation of measurement data — Supplement 1 to the " Guide to the expression of uncertainty in measurement - Propagation of distributions using a Monte Carlo method.
 60. EN ISO/IEC 17025 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories.
 61. DIN V ENV 13005:1999 - Guide to the expression of uncertainty in measurement. (1999).
 62. NBN - CR 14377 - Air quality - Approach to uncertainty estimation for ambient air reference measurement methods | Engineering360.
 63. Agência Portuguesa do Ambiente. Nota Técnica - Determinação de partículas atmosféricas PM10 em estações de medição da qualidade do ar e testes de campo para demonstração de métodos equivalentes. (2011).

ANEXOS

Anexo 1 - Colaboração no projeto de instalação de uma balança manométrica no laboratório de metrologia de pressão

Materilização da Pressão com uma balança manométrica

A.

Fórmula para o cálculo da pressão relativa numa balança a óleo

$$p_e = \frac{\sum_i m_i \cdot g \cdot \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{m_i}}\right) + \sigma \cdot c}{A_p \cdot [1 + (\alpha_p + \alpha_c) \cdot (t - t_r)]}$$

Legenda

p_e - Pressão efetiva na base do pistão - Pa
 m_i - Massa aplicada (pistão e sino são contabilizados como massas também) - Kg
 g -Aceleração gravítica local - m/s²
 ρ_a - Massa volúmica do ar- Kg/m³
 ρ_{m_i} -Massa volúmica de cada massa i - Kg/m³
 σ -Tensão superficial do óleo - N/m
 c -Perímetro do pistão - m
 A_p -Área efetiva do conjunto pistão-cilindro - m²
 α_p -Coeficiente de expansão térmica linear do pistão - °C⁻¹
 α_c -Coeficiente de expansão térmica linear do cilindro - °C⁻¹
 t -Temperatura do conjunto pistão-cilindro - °C
 t_r -Temperatura de referência do conjunto pistão- cilindro - °C

B.

Valores de referência para a balança da Figura 1



Fig.1 - Balança manométrica M1900/5, Teste.

Valores de referência

m_i - ver C.
 g - 9,80665 m/s²
 ρ_a - 1,2 Kg/m³
 ρ_{m_i} -8000 Kg/m³
 σ - 0,0311N/m
 c -0,010067163 m
 A_p - 8,0650 x 10⁻⁶ m²
 α_p -3,12 x10⁻⁵ °C⁻¹
 α_c -3,12 x10⁻⁵ °C⁻¹

C.

Valores de referência das massas da balança da Figura 1

	Designação	Valor convencional (Kg)	
1	Pistão	0,411228	<input checked="" type="checkbox"/> Massa 1
2	Massa 1	4,11189	<input type="checkbox"/> Massa 2
3	Massa 2	4,11198	<input type="checkbox"/> Massa 3
4	Massa 3	4,11188	<input type="checkbox"/> Massa 4
5	Massa 4	4,11182	<input type="checkbox"/> Massa 5
6	Massa 5	4,11182	<input type="checkbox"/> Massa 6
7	Massa 6	2,05582	<input type="checkbox"/> Massa 7
8	Massa 7	0,411188	<input type="checkbox"/> Massa 8
9	Massa 8	0,411191	<input type="checkbox"/> Massa 9
10	Massa 9	0,411176	<input type="checkbox"/> Massa 10
11	Massa 10	0,411197	<input type="checkbox"/> Massa 11
12	Massa 11	0,205604	<input type="checkbox"/> Massa 12
13	Massa 12	0,04111838	<input type="checkbox"/> Massa 13
14	Massa 13	0,04111795	<input type="checkbox"/> Massa 14
15	Massa 14	0,04112022	<input type="checkbox"/> Massa 15
16	Massa 15	0,04111874	<input type="checkbox"/> Massa 16

0,411228 kg = 4,99981578455641bar

D.	Cálculo da Pressão efetiva na base do pistão
----	--

Designação	Unidades	Valor
Massa aplicada	Kg	0,411228
Aceleração gravítica	m/s ²	9,80665
Massa volúmica do ar	Kg/m ³	1,2
Massa volúmica da massa	Kg/m ³	8000
Tensão superficial do óleo	N/m	0,0311
Perímetro do pistão	m	0,0100672
Área efetiva do conjunto pistão-cilindro	m ²	0,00008065
Coefficiente de expansão térmica linear do pistão	°C ⁻¹	0,0000312
Coefficiente de expansão térmica linear do cilindro	°C ⁻¹	0,0000312
Temperatura do conjunto pistão-cilindro	°C	20,5
Temperatura de referência do conjunto pistão- cilindro	°C	20

Resultado		
Pressão efetiva na base do pistão	499982	Pa
Pressão efetiva na base do pistão	4,9998	bar

Introdução

Este trabalho destina-se a ...

Porque é que temos em conta anomalias	Para ser possível interpretar os valores medidos em termos de contrastes de densidade é necessário corrigir a influência da altitude, da latitude, e da morfologia do terreno.
Anomalia gravitacional observada	A diferença entre o valor medido, geralmente sobre a superfície da Terra, em relação a um valor de referência. Como não tínhamos nenhum valor de referência do local não foi possível determinar esta anomalia.
Anomalia de ar livre (AAL)	Valor que corrige a altura a que o ponto se encontra através de um gradiente de gravidade Gradiente de gravidade = 0,3086 mGal/m H = altura acima do mar em metros $\Delta AAL = 0,3086 \times H$
Anomalia de Bouguer (AB)	representa sobretudo variações de densidade cortical e da espessura da crosta terrestre. Anomalia de Bouguer = $0.04193 \times H \times 10^{-5}$
Anomalia simples de Bouguer (ASB)	é a junção da anomalia de ar livre com a de Bouguer Anomalia simples de bouguer= AAL - AB
Anomalia isostática	Como a de Bouguer, mas subtraindo também a atração gravitacional que seria produzida por um espessamento teórico da crosta terrestre que compense isostaticamente a topografia. A anomalia resultante costuma ser interpretada como fruto de variações da densidade em níveis abaixo da crosta. No entanto, isso não se verifica. As anomalias de Bouguer em regiões montanhosas são sistematicamente negativas e podem tomar valores elevados, aumentando em média cerca de 100 mGal por 1000 metros de elevação.
Densidade média da crosta terrestre	2,67 g/cm ³
Densidade granítica	2.55 a 2.75 g/cm ³
Foram utilizadas duas fórmulas ligeiramente diferentes para calcular a aceleração gravítica local e anomalia de latitude	
1.	$g = 9780,327 (1 + A \sin^2 L - B \sin^2 2L)$ Esta formula foi usada na equação 1,6,7,8,9
2.	$g = 9.780,3185 (1 + A \sin^2 L + B \sin^4 L)$ Esta formula foi usada na equação 2,3,4,5,10

Bibliografia

Fonte Internet

fonte: <http://www.suneartools.com/dp/tools/conversion.php>

conversão coordenadas	
DD	41.184764 -8.50793
DMS	41° 11' 41.18" N 8° 30' 28.548" W
DMS	41° 11' 41.18" N 8° 30' 28.548" W
DMS	41° 11' 41.18" N 8° 30' 28.548" W
DMS	41° 11' 41.18" N 8° 30' 28.548" W

fonte: <http://www.geoplaner.com/>

fonte: <http://www.ptb.de/cartoweb3/SISproject.php> no lado esquerdo carregar em "gravity"

Location	City Search	Result
Result for		
Longitude:	-8.507930	
Latitude:	41.184764	
Height:	169.8 m	
Gravity:	9.8024980 m/s ²	
Uncertainty grav:	+ 0.000063 m/s ²	
Gravity anomalies		
Free air:	0.000256 m/s ²	
Bouguer:	0.000079 m/s ²	
Calculations based on:		
Model level (x = 1):	1	
number of used points:	11	
Model level (x = 1):	2	
number of used points:	47	

fonte: <http://www.npl.co.uk/reference/faqs/how-can-i-determine-my-local-values-of-gravitational-acceleration-and-altitude-faq-pressure>

http://enggeoespacial.fc.ul.pt/ficheiros/apoio_aulas/CursoGravimetria-IM2013.pdf

Esta fórmula é precisa basicamente até à ordem de 10^{-6} , ou seja cerca de 50 μGal . Calculando o valor de P e B com os valores do elipsóide GRS80 (Moritz, 1984) obtemos a fórmula internacional da gravidade:

$$T_{\text{mean}} = 978032.67715 (1 + 0.005302 \sin^2 \phi - 0.000058 \sin^2 2\phi) \text{ mGal} \quad (13.21)$$

Esta fórmula é igual à (7) mas apenas tem em conta a anomalia do ar livre

fonte:

https://geoinfo.nmt.edu/geoscience/projects/astrophysics/gravity_method.html

Esta fórmula é ligeiramente diferente e tem em conta a densidade média do granito

Esta fórmula difere da acima (2) porque foi usada a densidade média da crosta terrestre.

Esta fórmula é igual à de cima (3), mas usando o valor inferior da densidade do granito

Local	Av. Oliveira Zina 874, 4440-452 Valongo, Portugal			
Coordenadas	graus.Decimal"	graus.Decimal"	graus"minutos"segundos"	graus" minutos.Decimal"
Latitude	41,194764	41.194798 N	41° 11' 41.150" N	41° 11.685883333333"
Longitude	-8,50793	8.507946 W	8° 30' 28.548" W	-8° 30.4758"

Altitude (m) (acima do mar)	169,8
-----------------------------	-------

Gravidade local (m/s ²)	9,8024980	Valor obtido através do site da internet (http: ...)
Incerteza (nível de confiança 95%) (m/s ²)	0,000063	

Anomalias gravíticas	
Ar livre (m/s ²)	calculada através da correção da altura
Bouguer (m/s ²)	calculada através da correção da altura e da atração da terra (devido à espessura das rochas)
Isostática	calculada através de um espessamento teórico da crosta terrestre que compense isostaticamente a topografia.

Fórmula de cálculo	$g = 9780 \cdot 32,7 (1 + A \sin^2 L - B \sin^2 2L)$		(1)'
Legenda:			
A	0,005302		
B	0,0000058		
L = latitude			
H = altura em metros acima do mar	169,8		
		1 mGal = 10^{-5} N Kg ⁻¹	
$1 + A \sin^2 L$	1,00229908		
$B \sin^2 2L$	5,69827E-06		
2L	82,389528		
Correção ar livre (mGal)	52,40028	Ar livre= 0.3086H	
Correção ar livre (ms ⁻²)	0,0005240028	Ar livre= 0.3086H x 10^{-5}	
Correção da latitude(mGal)	980287,6584	latitude = $9780 \cdot 32,7 (1 + A \sin^2 L + B \sin^2 2L)$	
Correção da latitude (ms ⁻²)	9,802876584	latitude = $9780 \cdot 32,7 (1 + A \sin^2 L + B \sin^2 2L) \times 10^{-5}$	
Gravidade local corrigida mínima	9,8023525809	g = latitude - ar livre	
Gravidade local corrigida máxima	9,8034005865	g = latitude + ar livre	
gravidade local calculada (6 casas decimais) min	9,802354000	g = latitude - ar livre	
gravidade local calculada (6 casas decimais) max	9,803400587	g = latitude + ar livre	
Valor médio	9,802877293		

Fórmula de cálculo	$g = 9780 \cdot 31,85 (1 + A \sin^2 L + B \sin^4 L)$		(2)'
Legenda:			
A	0,005278895		
B	0,000023462		
L = latitude			
H = altura em metros acima do mar	169,80		
r= densidade da rocha do solo (g/cm ³)	2,65		
Densidade granítica (g/cm ³) - r	2,65		
$1 + A \sin^2 L$	1,002289886		
$B \sin^4 L$	4,41475E-06		
Anomalia simples de bouguer	0,0003333038	Anomalia simples de bouguer= AAL - AB	
Correção ar livre (mGal)	52,40028	Ar livre= 0.3086H	
Correção ar livre (ms ⁻²)	0,0005240028	Ar livre= 0.3086H x 10^{-5}	
Correção de Bouguer (mGal)	18,8672421	Bouguer = 0.04193 r H	
Correção de Bouguer (ms ⁻²)	0,00018867242	Bouguer = 0.04193 r H x 10^{-5}	
Correção da latitude(mGal)	980275,7488	latitude= $9780 \cdot 31,85 (1 + A \sin^2 L + B \sin^4 L)$	
Correção da latitude (ms ⁻²) - L	9,802757488	latitude = $9780 \cdot 31,85 (1 + A \sin^2 L + B \sin^4 L) \times 10^{-5}$	
Gravidade local corrigida max	9,803092818	g = latitude + (Anomalia simples de bouguer)	
Gravidade local corrigida min	9,802422157	g = latitude - (Anomalia simples de bouguer)	
gravidade local calculada (6 casas decimais) media	9,802757		

Fórmula de cálculo	$g = 9780 \cdot 31,85 (1 + A \sin^2 L + B \sin^4 L)$		(3)'
Legenda:			
A	0,005278895		
B	0,000023462		
L = latitude			
H = altura em metros acima do mar	169,8		
r= densidade da rocha do solo (g/cm3)	2,67		
Densidade granítica (g/cm3) - r	2,67		
$1 + A \sin^2 L$	1,002289886		
$B \sin^4 L$	4,41475E-06		
Anomalia simples de bouguer	0,00033390644	Anomalia simples de bouguer= AAL - AB	
Correção ar livre (mGal)	52,40028	Ar livre= 0.3086H	
Correção ar livre (ms-2)	0,0005240028	Ar livre= 0.3086H x 10^{-5}	
Correção de Bouguer (mGal)	19,00953638	Bouguer = 0.04193 r H	
Correção de Bouguer (ms-2)	0,000190096	Bouguer = 0.04193 r H x 10^{-5}	
Correção da latitude(mGal)	980275,7488	latitude= $9780 \cdot 31,85 (1 + A \sin^2 L + B \sin^4 L)$	
Correção da latitude (ms-2) - L	9,802757488	latitude = $9780 \cdot 31,85 (1 + A \sin^2 L + B \sin^4 L) \times 10^{-5}$	
Gravidade local corrigida max	9,803091394	g = latitude + (ar livre - Bouguer)	
Gravidade local corrigida min	9,8024235811	g = latitude - (ar livre - Bouguer)	
gravidade local calculada (6 casas decimais)	9,802757		

Fórmula de cálculo	$g = 9780 \cdot 31,85 (1 + A \sin^2 L + B \sin^4 L)$		(4)'
Legenda:			
A	0,005278895		
B	0,000023462		
L = latitude			
H = altura em metros acima do mar	169,8		
r= densidade da rocha do solo (g/cm3)	2,55		
Densidade granítica (g/cm3) - r	2,55		
$1 + A \sin^2 L$	1,002289886		
$B \sin^4 L$	4,41475E-06		
Anomalia simples de bouguer	0,00034245009	Anomalia simples de bouguer= AAL - AB	
Correção ar livre (mGal)	52,40028	Ar livre= 0.3086H	
Correção ar livre (ms-2)	0,0005240028	Ar livre= 0.3086H x 10^{-5}	
Correção de Bouguer (mGal)	18,1552707	Bouguer = 0.04193 r H	
Correção de Bouguer (ms-2)	0,000181553	Bouguer = 0.04193 r H x 10^{-5}	

Correção da latitude(mGal)	980275,7488	latitude= 9780 31,85 (1 + A sin ² L + B sin ⁴ L)
Correção da latitude (ms-2) - L	9,802757488	latitude = 9.780 3185 (1 + A sin ² L + B sin ⁴ L) x 10-5
Gravidade local corrigida max	9,80309938	g = latitude + (ar livre - Bouguer)
Gravidade local corrigida min	9,8024150374	g = latitude - (ar livre - Bouguer)
gravidade local calculada (6 casas decimais) médio	9,802757	

Esta fórmula é igual a de cima (3), mas usando o valor superior da densidade do granito

Fórmula de cálculo	g = 9780 31,85 (1 + A sin² L + B sin⁴ L)		(5)'
Legenda:			
A	0,005278895		
B	0,000023462		
L = latitude			
H = altura em metros acima do mar	169,8		
r= densidade da rocha do solo (g/cm3)	2,75		
Densidade granítica (g/cm3) - r	2,75		
1 + A sin ² L	1,002289886		
B sin ⁴ L	4,41475E-06		
Anomalia simples de bouguer	0,00032821067	Anomalia simples de bouguer= AAL - AB	
Correção ar livre (mGal)	52,40028	Ar livre= 0.3086H	
Correção ar livre (ms-2)	0,0005240028	Ar livre= 0.3086H x 10-5	
Correção de Bouguer (mGal)	19,5792135	Bouguer = 0.04193 r H	
Correção de Bouguer (ms-2)	0,000195792	Bouguer = 0.04193 r H x 10-5	
Correção da latitude(mGal)	980275,7488	latitude= 9780 31,85 (1 + A sin ² L + B sin ⁴ L)	
Correção da latitude (ms-2) - L	9,802757488	latitude = 9.780 3185 (1 + A sin ² L + B sin ⁴ L) x 10-5	
Gravidade local corrigida max	9,8030856982	g = latitude + ar livre - Bouguer	
Gravidade local corrigida min	9,8024292769	g = latitude - (ar livre - Bouguer)	
gravidade local calculada (6 casas decimais) medio	9,802757		

Esta fórmula é igual a de cima (1), mas usando o valor médio da densidade da crosta terrestre.

Fórmula de cálculo	g = 9780 32,7 (1 + A sin² L - B sin² 2L)		(6)'
Legenda:			
A	0,005302		
B	0,0000058		
L = latitude			
H = altura em metros acima do mar	169,8		
Densidade granítica (g/cm3) - r	2,67	1 mGal = 10-5 N Kg-1	
1 + A sin ² L	1,002299908		
B sin ² 2L	5,69827E-06		
2L	82,389528		
Anomalia simples de bouguer	0,00033390644	Anomalia simples de bouguer= AAL - AB	
Correção ar livre (mGal)	52,40028	Ar livre= 0.3086H	
Correção ar livre (ms ⁻²)	0,0005240028	Ar livre= 0.3086H x 10 ⁻⁵	
Correção de Bouguer (mGal)	19,00963638	Bouguer = 0.04193 r H	
Correção de Bouguer (ms-2)	0,000190096	Bouguer = 0.04193 r H x 10-5	
Correção da latitude(mGal)	980287,6584	latitude = 9780 32,7 (1 + A sin ² L + B sin ² 2L)	
Correção da latitude (ms ⁻²)	9,802876584	latitude = 9.780 327 (1 + A sin ² L + B sin ² 2L) x 10-5	
Gravidade local corrigida max	9,8032104901	g = latitude + ar livre - bouguer	
Gravidade local corrigida min	9,8025426773	g = latitude - (ar livre - bouguer)	
gravidade local calculada (6 casas decimais) medio	9,802877		

Esta fórmula é igual a de cima (1), mas usando o valor superior da densidade do granito.

Fórmula de cálculo	g = 9780 32,7 (1 + A sin² L - B sin² 2L)		(7)'
Legenda:			
A	0,005302		
B	0,0000058		
L = latitude			
H = altura em metros acima do mar	169,8		
Densidade granítica (g/cm3) - r	2,75	1 mGal = 10-5 N Kg-1	
1 + A sin ² L	1,002299908		
B sin ² 2L	5,69827E-06		
2L	82,389528		
Anomalia simples de bouguer	0,00032821067	Anomalia simples de bouguer= AAL - AB	
Correção ar livre (mGal)	52,40028	Ar livre= 0.3086H	
Correção ar livre (ms ⁻²)	0,0005240028	Ar livre= 0.3086H x 10 ⁻⁵	
Correção de Bouguer (mGal)	19,5792135	Bouguer = 0.04193 r H	
Correção de Bouguer (ms-2)	0,000195792	Bouguer = 0.04193 r H x 10-5	
Correção da latitude(mGal)	980287,6584	latitude = 9.780 327 (1 + A sin ² L + B sin ² 2L)	
Correção da latitude (ms ⁻²)	9,802876584	latitude = 9.780 327 (1 + A sin ² L + B sin ² 2L) x 10-5	
Gravidade local corrigida min	9,8025483730	g = latitude - (ar livre - bouguer)	
Gravidade local corrigida max	9,8032047944	g = latitude + ar livre - bouguer	
gravidade local calculada (6 casas decimais)	9,802877		

Esta fórmula é igual a de cima (1), mas usando o valor médio da densidade do granito.

Fórmula de cálculo	g = 9780 32,7 (1 + A sin² L - B sin² 2L)		(8)'
Legenda:			
A	0,005302		
B	0,0000058		
L = latitude			
H = altura em metros acima do mar	169,8		
Densidade granítica (g/cm ³) - r	2,65	1 mGal = 10-5 N Kg-1	
1 + A sin ² L	1,002299908		
B sin ² 2L	5,69827E-06		
2L	82,389528		
Anomalia simples de bouguer	0,00033533038	Anomalia simples de bouguer= AAL - AB	
Correção ar livre (mGal)	52,40028	Ar livre= 0.3086H	
Correção ar livre (ms ⁻²)	0,0005240028	Ar livre= 0.3086H x 10 ⁻⁵	
Correção de Bouguer (mGal)	18,8672421	Bouguer = 0.04193 r H	
Correção de Bouguer (ms ⁻²)	0,000188672	Bouguer = 0.04193 r H x 10-5	
Correção da latitude(mGal)	980287,6584	latitude = 9.780 327 (1 + A sin ² L + B sin ² 2L)	
Correção da latitude (ms ⁻²)	9,802876584	latitude = 9.780 327 (1 + A sin ² L + B sin ² 2L) x 10-5	
Gravidade local corrigida min	9,8025412533	g = latitude - (ar livre - bouguer)	
Gravidade local corrigida max	9,8032119141	g = latitude + ar livre - bouguer	
gravidade local calculada (6 casas decimais) media	9,802877		

Esta fórmula é igual a de cima (1), mas usando o valor inferior da densidade do granito.

Fórmula de cálculo	g = 9780 32,7 (1 + A sin² L - B sin² 2L)		(9)'
Legenda:			
A	0,005302		
B	0,0000058		
L = latitude			
H = altura em metros acima do mar	169,8		
Densidade granítica (g/cm3) - r	2,55	1 mGal = 10-5 N Kg-1	
1 + A sin ² L	1,002299908		
B sin ² 2L	5,69827E-06		
2L	82,389528		
Anomalia simples de bouguer	0,00034245009	Anomalia simples de bouguer= AAL - AB	
Correção ar livre (mGal)	52,40028	Ar livre= 0.3086H	
Correção ar livre (ms ⁻²)	0,0005240028	Ar livre= 0.3086H x 10 ⁻⁵	
Correção de Bouguer (mGal)	18,1552707	Bouguer = 0.04193 r H	

Correção de Bouguer (ms^{-2})	0,000181553	Bouguer = $0,04193 \cdot r \cdot H \cdot 10^{-5}$
Correção da latitude (mGal)	980287,6584	latitude = $9,780\,327 \cdot (1 + A \sin^2 L + B \sin^2 2L)$
Correção da latitude (ms^{-2})	9,802876584	latitude = $9,780\,327 \cdot (1 + A \sin^2 L + B \sin^2 2L) \cdot 10^{-5}$
Gravidade local corrigida min	9,8025341336	$g = \text{latitude} + \text{ar livre} - \text{bouguer}$
Gravidade local corrigida max	9,8032190338	$g = \text{latitude} + \text{ar livre} - \text{bouguer}$
gravidade local calculada (6 casas decimais)	9,802877	

Esta formula é igual a de cima (2), mas apenas tendo em conta a anomalia do ar livre		Fórmula de cálculo	$g = 9780\,31,85 \cdot (1 + A \sin^2 L + B \sin^4 L)$	(10)'
Legenda:				
A		0,005278895		
B		0,000023462		
L = latitude				
H = altura em metros acima do mar		169,8		
1 + A sin ² L		1,002289886		
B sin ⁴ L		4,41475E-06		
Correção ar livre (mGal)		52,40028	Ar livre= 0.3086H	
Correção ar livre (ms^{-2})		0,0005240028	Ar livre= 0.3086H x 10 ⁻⁵	
Correção da latitude (mGal)		980275,7488	latitude= 9780 31,85 (1 + A sin ² L + B sin ⁴ L)	
Correção da latitude (ms^{-2}) - L		9,802757488	latitude = 9.780 3185 (1 + A sin ² L + B sin ⁴ L) x 10 ⁻⁵	
Gravidade local corrigida máxima		9,8032814903	$g = \text{latitude} + \text{ar livre}$	
Gravidade local corrigida mínima		9,8022334847	$g = \text{latitude} - \text{ar livre}$	
Gravidade local corrigida média		9,8027574875		
gravidade local calculada (6 casas decimais)		9,802757		

Com os valores obtidos nas formulas de (1) a (9) e ainda o valor da internet calcularam-se valores médios para os vários fatores que fazem variar a aceleração gravítica local.
Com esses valores médios calculou-se a aceleração gravítica local.

Aceleração gravitacional local média=	Anomalia da Latitude média ± (Anomalia de ar livre médio - anomalia de bouguer média)	
Aceleração gravitacional local média máximo=	9.803145392	ms-2
Aceleração gravitacional local média mínimo=	9.802430673	ms-2
Aceleração gravitacional local média=	9.802788 ±0.000359501	ms-2
Valor médio da Anomalia da Latitude	9.802788032	
Valor médio da Anomalia de ar livre	0.000533639	
Valor médio da anomalia de bouguer	0.000176279	
Anomalia simples de bouguer	0.00035735943	Anomalia simples de bouguer= AAL - AB

(11) '

Latitude do local	41,194764
Latitude de lisboa	38,745917

valor teórico obtido pela fórmula do site da Universidade técnica de lisboa

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1i6RiTHMI1PdpmxgFr9mI0K7CBDoWlgiMEpTIP0ILM/edit#gid=0>

http://groups.ist.utl.pt/wwwelab/wiki/index.php?title=P%C3%AAndulo_Mundial#Determina.C3.A7.C3.A3o_local

	Valor Teórico	Valor experimental	Erro (absoluto)	Data	Notas
Gravidade local	9,802765429				
Gravidade de Lisboa	9,800585401	9,79988	0,0007	22/11/2012	Valor obtido ao fim de 2000 oscilações

Tabela 1: Tabela de exposição dos valores das anomalias calculadas

	Varição da anomalia latitude	Varição da anomalia de ar livre	variação da Anomalia de Bouguer	Anomalia de Ar Livre e de Bouguer
1	(1)'	9.802876584	0.0005240028	
2	(2)'	9.802757488	0.0005240028	0.000188672421
3	(3)'	9.802757488	0.0005240028	0.000185384
4	(4)'	9.802757488	0.0005240028	0.000181553
5	(5)'	9.802757488	0.0005240028	0.000197192
6	(6)'	9.802876584	0.0005240028	0.000190096
7	(7)'	9.802876584	0.0005240028	0.000195792
8	(8)'	9.802876584	0.0005240028	0.000188672
9	(9)'	9.802876584	0.0005240028	0.000181553
10	(10)'	9.802757488	0.0005240028	
11	Fonte internet	9.802498	0.0006300000	0.000075
	Desvio Padrão	0.000113133	3.19594E-05	3.83152E-05
	Valor Médio	9.802786932	0.0005336389	0.000176279476
	Valor máximo	9.802876584	0.00063	0.000195792
	Valor mínimo	9.802498	0.0005240028	0.000075

Tabela 2: Tabela de exposição dos valores das acelerações gravitáticas calculadas

	Valores das acelerações gravitáticas calculadas.	Valor máximo	Valor mínimo	Valor médio	erro ±	Unidades
1	Fonte internet	9.803053300	9.801943000000	9.802498	±	m/s ²
2	(1)'	9.803400587	9.802354	9.802877	±	m/s ²
3	(2)'	9.803092818	9.80422157	9.802757	±	m/s ²
4	(3)'	9.803091394	9.80423581	9.802757	±	m/s ²
5	(4)'	9.803099938	9.802415037	9.802757	±	m/s ²
6	(5)'	9.803085698	9.80449277	9.802757	±	m/s ²
7	(6)'	9.80321049	9.802542677	9.802877	±	m/s ²
8	(7)'	9.803204794	9.802548373	9.802877	±	m/s ²
9	(8)'	9.803211914	9.802541253	9.802877	±	m/s ²
10	(9)'	9.803219034	9.802534134	9.802877	±	m/s ²
11	(10)'	9.80328149	9.802233485	9.802757	±	m/s ²
12	Valor de referência (não incluído nas contas abaixo)	9.80665	9.80665	9.80665	±	m/s ²
	Valor médio	9.80317738	9.80239882	9.802788	±	m/s ²
	Valor máximo	9.80340059	9.80254837	9.802877	±	m/s ²
	Valor mínimo	9.80305300	9.80194300	9.802498	±	m/s ²
	Desvio padrão	0.000104811	0.000179199	0.000113189	±	m/s ²

R1	Gravidade Local calculada através de valores médios das anomalias (tabela 1)					
	Valores das acelerações gravitáticas calculadas.	Valor máximo	Valor mínimo	Valor médio	erro ±	Unidades
	(11)'	9.803145392	9.802430673	9.802788	±	m/s ²

R2	Gravidade Local calculada através da média dos valores de gravidade local calculados (tabela 2)					
	Valores das acelerações gravitáticas calculadas.	Valor máximo	Valor mínimo	Valor médio	erro ±	Unidades
	Valor médio	9.80317738	9.80239882	9.802788	±	m/s ²

	Média entre R1 e R2					
	Valor da aceleração gravitica calculada (MÉDIA ENTRE R1 E R2)	Valor máximo	Valor mínimo	Valor médio	erro ±	Unidades
	Desvio Padrão entre R1 e R2	9.80316138	9.80241474	9.80278806	±	m/s ²
		1.5993E-05	1.59285E-05	3.27522E-08	±	m/s ²

Anexo 2 – Introdução à metrologia



1 Introdução à Metrologia

"Metrologia é a ciência da medição e suas aplicações".
VIM 2012

PROBLEMA

Custos sofridos por uma das partes quando se fazia negócio devido à falta de uniformização das unidades de medida e definição de padrões que fossem de utilização universal.

LEI DE ALMEIRIM 26 de Janeiro de 1575

Lei de "igualamento das medidas dos sólidos e dos líquidos". Determinou que fossem **criados padrões** que ficavam depositados em lugares de confiança e padrões de 2ª classe que eram periodicamente comparados por funcionários (Almotacé-Mor). Os padrões de 3ª classe eram comparados com os de 2ª classe pelos Corregedores e Ouvidores do Reino!

Nota

Não teria sido possível fazer os grandes monumentos dos Egípcios, dos Maias, dos Astecas, etc, sem métodos de medição cuidadosos ou padrões de referência.

A França é o país que serve de referência para mostrar os esforços para unificação de unidades.

Ainda hoje é possível verificar à entrada de algumas fortificações (que protegiam cidades) uma marca gravada (Fig.1) na pedra que servia de padrão de comprimento para os negócios que decorressem naquela urbe.

Fig. 1 - Porta da Vila de Monsaraz, Évora

2

Cadeia Metrológica - Rastreabilidade



CADEIA METROLÓGICA

Chama-se cadeia metrológica a todo o sistema de calibração de uma determinada grandeza. Por analogia com uma cadeia em que um elo corresponde ao processo ou ao método de transmissão dessa grandeza transferindo-a de padrão a padrão.

- É através de um método de medição associado a um instrumento, que é fornecido um valor numérico característico da grandeza observada.
- Todas as ações de medição necessitam de uma metodologia como suporte, sendo usados instrumentos com um nível de exatidão e incerteza, absolutamente ao nível do necessário.

Nota

É absolutamente fundamental que todos os instrumentos que são calibrados tenham garantida a sua ligação ao padrão primário da grandeza envolvida (de forma direta ou indireta), isto designa-se de **rastreabilidade metrológica** e será abordada mais à frente.



Fig.2 - Pirâmide metrológica, transmitindo a partir das unidades do Sistema Internacional de Unidades (SI) até às medições correntes.

3

Terminologia



- Atualmente aplica-se o **Vocabulário Internacional de Metrologia 2012** (VIM 2012). Existe uma versão em português, publicada pelo Instituto Português da Qualidade em colaboração o INMETRO do Brasil.

Nota

Os termos utilizados na área da Metrologia estão perfeitamente definidos em acordos internacionais e são longamente debatidos.

REVISÃO DOS TERMOS MAIS UTILIZADOS

UNIDADE (DE MEDIDA)

Grandeza escalar real, definida e adotada por convenção, com a qual qualquer outra grandeza da mesma natureza pode ser comparada para expressar, na forma dum número, a razão entre as duas grandezas.

- As unidades de medida são designadas por nomes e símbolos atribuídos por convenção.

3

Terminologia



GRANDEZA (MENSURÁVEL)

Propriedade de um fenómeno de um corpo ou duma substância, que pode ser expressa quantitativamente sob a forma de um número e duma referência.

VALOR VERDADEIRO

Valor duma grandeza compatível com a definição da grandeza.

- Na Abordagem de Erro para descrever as **medições**, o valor verdadeiro duma grandeza é considerado único e, na prática, impossível de ser conhecido.
- No caso particular duma constante fundamental, considera-se que a grandeza tenha um valor verdadeiro único.

VALOR CONVENCIONAL

Valor atribuído a uma grandeza por um acordo, para um dado propósito.

- Um valor convencional duma grandeza é algumas vezes uma estimativa dum **valor verdadeiro**.
- Geralmente considera-se que um valor convencional duma grandeza está associado a uma **incerteza de medição** convenientemente pequena, que pode ser nula.

3

Terminologia



MEDIÇÃO

Processo de obtenção experimental dum ou mais valores que podem ser, razoavelmente, atribuídos a uma grandeza.

- não se aplica a propriedades qualitativas.
- implica a comparação de grandezas ou a contagem de entidades.
- pressupõe uma descrição da grandeza que seja compatível com o uso pretendido dum resultado de medição, segundo um procedimento de medição e com um sistema de medição calibrado que opera de acordo com o procedimento de medição especificado, incluindo as condições de medição.

MÉTODO DE MEDIÇÃO

Descrição genérica duma organização lógica de operações utilizadas na realização duma medição.

- Direto
- Indireto
- Absoluto
- Diferencial

3 Terminologia



PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

Descrição detalhada duma medição de acordo com um ou mais princípios de medição e com um dado método de medição, baseada num modelo de medição e incluindo todo cálculo destinado à obtenção dum resultado de medição.

- Um procedimento de medição é geralmente documentado com detalhes suficientes para permitir que um operador realize uma medição.

GRANDEZA DE INFLUÊNCIA

Grandeza que, numa medição direta, não afeta a grandeza efetivamente medida, mas afeta a relação entre a indicação e o resultado de medição.

EXEMPLOS

- a) temperatura de um micrómetro usado na medição de comprimento;
- b) frequência na medição da amplitude de uma diferença do potencial elétrico alternado;
- c) concentração de bilirrubina na medição de concentração de hemoglobina numa amostra de plasma sanguíneo humano.

MENSURANDA

Grandeza que se pretende medir.

- A especificação de uma mensuranda pode requerer informações acerca de grandezas como o tempo, temperatura e pressão.

EXEMPLO

Pressão de vapor de uma dada amostra de água a 20°C.

Nota

A Grandeza de Influência influi no valor da medição.

3 Terminologia



EXACTIDÃO (DE MEDIÇÃO)

Grau de concordância entre um valor medido e um valor verdadeiro duma mensuranda.

- A "exatidão de medição" não é uma **grandeza** e não lhe é atribuído um **valor numérico**. Uma **medição** é dita mais exata quando fornece um **erro de medição** menor.

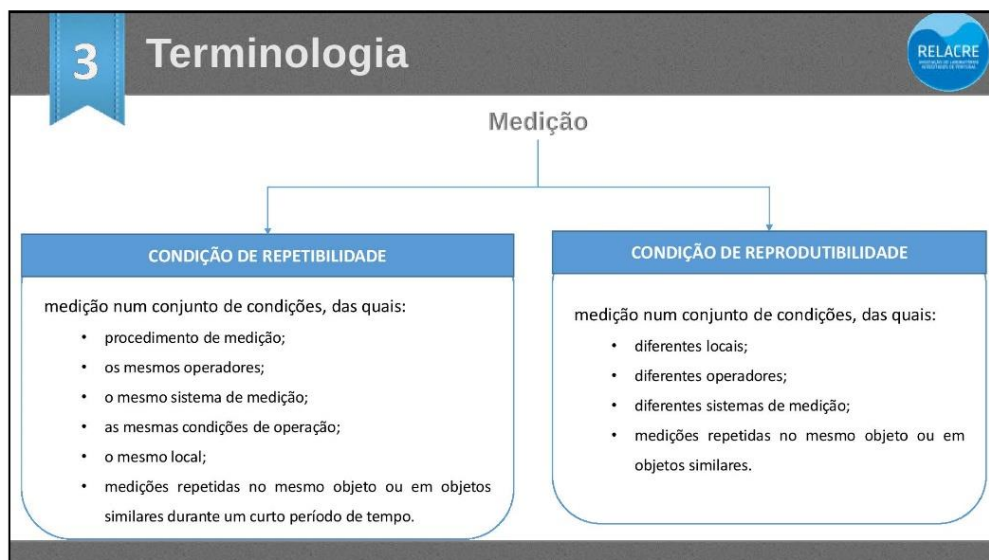
FIDELIDADE OU PRECISÃO (DE MEDIÇÃO)

Grau de concordância entre **indicações** ou **valores medidos**, obtidos por **medições** repetidas, no mesmo objeto ou em objetos similares, sob condições especificadas

- é geralmente expressa numericamente por características como a dispersão, o desvio-padrão, a variância ou o coeficiente de variação, sob condições de medição especificadas.
- é utilizada para definir a repetibilidade de medição, a fidelidade ou precisão intermediária de medição e a reprodutibilidade de medição.

Nota

O termo "fidelidade ou precisão de medição" é algumas vezes utilizado, erroneamente, para designar a **exatidão de medição**.



3 Terminologia

DESVIO-PADRÃO EXPERIMENTAL

Parâmetro s que caracteriza a dispersão dos resultados obtidos numa série de n medições da mesma mensuranda, dado pela fórmula:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

- Considerando a série de x medições, como amostra de uma distribuição, x é um estimador não enviesado da média m e s^2 é um estimador não enviesado da variância s^2 dessa distribuição;
- A expressão s/\sqrt{n} é uma estimativa do desvio-padrão da distribuição de e e é designada por **desvio-padrão experimental da média**.

Nota

O "desvio-padrão experimental da média" é por vezes incorretamente chamado "erro padrão da média".

3

Terminologia



INCERTEZA DA MEDIÇÃO

Parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a uma mensuranda, com base nas informações utilizadas.

- O parâmetro pode ser, por exemplo, um desvio-padrão denominado **incerteza-padrão** (ou um de seus múltiplos) ou a metade da amplitude dum intervalo tendo uma **probabilidade expandida** determinada.

ERRO DA MEDIÇÃO


Diferença entre o valor medido duma grandeza e um valor de referência.

ERRO RELATIVO

Quociente do erro da medição pelo valor de referência

3

Terminologia



CORREÇÃO

Compensação dum efeito sistemático estimado.

- A correção é igual e de sinal contrário ao erro sistemático estimado.
- Dado que o erro sistemático não pode ser conhecido perfeitamente, a compensação não é completa.

FATOR DE CORREÇÃO

Fator numérico pelo qual se multiplica o resultado bruto da medição para compensar o erro sistemático.

- Dado que o erro sistemático não pode ser conhecido perfeitamente, a compensação não é completa.

INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO

Dispositivo destinado à execução da medição, isolado ou em conjunto com equipamentos suplementares.

MEDIDA MATERIALIZADA

Instrumento de medição que reproduz ou fornece, de maneira permanente durante a sua utilização, grandezas duma ou mais naturezas, cada uma com um valor atribuído.

Nota

A grandeza em questão pode ser chamada de "grandeza fornecida".

EXEMPLOS

- massa marcada;
- medida de capacidade (com um ou vários valores, com ou sem escala);
- resistência-padrão elétrica;
- bloco-padrão;
- gerador de sinais-padrão;
- material de referência.

3

Terminologia



AJUSTE

Conjunto de operações efetuadas num sistema de medição, de modo que ele forneça indicações prescritas correspondentes a determinados valores duma grandeza a ser medida.

AMPLITUDE DA MEDIÇÃO

Valor absoluto da diferença entre os valores extremos dum intervalo nominal de indicações.

EXEMPLO

Alcance -10V a +10V: amplitude de medição 20V.

INTERVALO DE MEDIÇÃO

Conjunto de **valores de grandezas** da mesma **natureza** que pode ser medido por um dado **instrumento de medição** ou **sistema de medição** com **incerteza de medição instrumental** especificada, sob condições determinadas.

SENSIBILIDADE

Quociente entre a variação duma indicação dum sistema de medição e a variação correspondente do valor da grandeza medida.

LIMIAR DE MOBILIDADE

Maior variação do valor duma grandeza medida que não causa variação detetável na indicação correspondente.

3

Terminologia



RESOLUÇÃO (DE UM DISPOSITIVO INDICADOR)

Menor variação da grandeza medida que causa uma variação perceptível na indicação correspondente.

- O conceito aplicado a dispositivos analógicos pode corresponder a uma estimativa.
- O conceito aplica-se também a um dispositivo registador.

CLASSE DE EXACTIDÃO (DO INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO)

Classe de **instrumentos de medição** ou de **sistemas de medição** que satisfazem requisitos metrológicos estabelecidos destinados a manter os **erros de medição** ou as **incertezas de medição instrumentais** dentro de limites especificados, sob condições de funcionamento especificadas.

- Uma classe de exactidão é habitualmente indicada por um número ou símbolo adotado por convenção e denominado índice de classe.

DERIVA

Classe de Variação da indicação ao longo do tempo, contínua ou incremental, devida a variações nas propriedades metrológicas dum instrumento de medição.

3 Terminologia



PADRÃO (DE MEDIÇÃO)

Realização da definição duma dada grandeza, com um valor determinado e uma incerteza de medição associada, utilizada como referência.

EXEMPLOS

- a) padrão de massa de 1 kg;
- b) resistência padrão de 100 W;
- c) amperímetro padrão;
- d) padrão de referência de cézio;
- e) eletrodo de referência de hidrogénio;
- f) solução de referência de cortisona no soro humano, de concentração certificada.

PADRÃO DE MEDIÇÃO DE REFERÊNCIA

Padrão de medição estabelecido para a calibração de outros padrões de grandezas da mesma natureza numa dada organização ou num dado local.

PADRÃO DE MEDIÇÃO PRIMÁRIO

Padrão de medição estabelecido com auxílio dum procedimento de medição primário ou criado como um artefacto, escolhido por convenção.

EXEMPLO

O protótipo internacional do quilograma como um artefacto escolhido por convenção.

3 Terminologia



RASTREABILIDADE METROLÓGICA

Propriedade dum resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através duma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição.

- O conceito é frequentemente expresso pelo adjetivo “rastreado”.
- A cadeia ininterrupta de comparação é chamada de **cadeia de rastreabilidade**.
- É absolutamente fundamental que todos os instrumentos que são calibrados tenham garantida a sua ligação ao padrão primário da grandeza envolvida (de forma direta ou indireta).
- Na generalidade das situações, essa relação não é direta, havendo um trajeto transportado por vários padrões intermédios.
- Essa rastreabilidade não pode ter lacunas (descontinuidades).
- Não permite calibrações em “*one!*”, ou seja, que um instrumento calibre um padrão que o calibrou previamente.

3 Terminologia



CALIBRAÇÃO

Operação que estabelece, sob condições especificadas, num primeiro passo, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; num segundo passo, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando a obtenção dum resultado de medição a partir duma indicação.

- pode ser expressa por:
 - declaração de calibração
 - função de calibração
 - diagrama de calibração
 - curva de calibração
 - tabela de calibração
- Em alguns casos, pode consistir numa **correção** aditiva ou multiplicativa da indicação com uma incerteza de medição associada.
- O resultado da calibração pode ser registado num documento, por vezes chamado certificado de calibração ou relatório de calibração.

Nota

Não confundir com:

- ajuste dum sistema de medição, frequentemente denominado de maneira imprópria de "auto calibração";
- verificação da calibração.

4 Sistema Internacional de Unidades (SI)



O **sistema de unidades** atualmente aceite em quase todo o mundo e nos diversos ramos da ciência, indústria, comércio, etc., foi aprovado pela 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), em 1960, configurando a versão então atualizada do denominado Sistema Métrico, criado pela Convenção do Metro, em 1875.

- No **decreto lei 254/2002** recomenda-se a utilização do SI, em particular na educação, nos circuitos económicos, na saúde e segurança públicas e nas operações de natureza administrativa.
- Compete ao Instituto Português da Qualidade (IPQ) organismo do Ministério da Indústria e Energia, zelar pela atualização do SI e aprovar os padrões das suas unidades de medida.

Nota

Nas últimas décadas o SI foi sendo atualizado, acompanhando a evolução tecnológica.

GRANDEZA	UNIDADE SI	
	NOME	SÍMBOLO
Comprimento [L]	Metro	m
Massa [M]	Quilograma	kg
Tempo [T]	Segundo	s
Corrente elétrica [I]	Ampere	A
Temperatura termodinâmica [Θ]	Kelvin	K
Quantidade de matéria [N]	Mole	mol
Intensidade luminosa [J]	Candela	cd

O SI é constituído por sete unidades de base, 2 unidades suplementares, unidades derivadas das anteriores e um conjunto de prefixos utilizados para formar múltiplos ou submúltiplos de unidades.

4 Sistema Internacional de Unidades (SI)



DEFINIÇÕES

UNIDADE DE COMPRIMENTO METRO (m)

O metro é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de $1/299\,792\,458$ s. (17ª CGPM - 1983)

UNIDADE DE MASSA QUILOGRAMA (Kg)

O quilograma é a unidade de massa; é igual à massa do protótipo internacional do quilograma. (3ª CGPM - 1901)

UNIDADE DE TEMPO SEGUNDO (s)

O segundo é a duração de $9\,192\,631\,770$ períodos da radiação correspondente à transição entre os 2 níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133. (13ª CGPM - 1967)

UNIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA AMPERE (A)

O ampere é a intensidade de uma corrente constante que, mantida em dois condutores paralelos, retilíneos, de comprimento infinito, de secção circular desprezável e colocados à distância de 1 m um do outro no vácuo, produziria entre estes condutores uma força igual a $2 \cdot 10^{-7}$ N por metro de comprimento. (9ª CGPM - 1948)

4 Sistema Internacional de Unidades (SI)



DEFINIÇÕES

UNIDADE DE TEMPERATURA TERMODINÂMICA KELVIN (K)

O kelvin, unidade de temperatura termodinâmica, é a fração $1/273,16$ da temperatura termodinâmica do ponto triplo da água. (13ª CGPM - 1967)

UNIDADE DE QUANTIDADE DE MATÉRIA MOLE (mol)

A mole é a quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos os átomos que existem em $0,012$ kg de carbono 12. Quando se utiliza a mole, as entidades elementares devem ser especificadas e podem ser átomos, moléculas, íões, eletrões, outras partículas ou agrupamentos especificados de tais partículas. (14ª CGPM - 1971)

UNIDADE DE INTENSIDADE LUMINOSA CANDELA (cd)

A candela é a intensidade luminosa, numa direção dada, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de frequência $540 \cdot 10^{12}$ Hz e cuja intensidade nessa direção é de $1/683$ W.sr⁻¹. (16ª CGPM - 1979)

4 Sistema Internacional de Unidades (SI)



DEFINIÇÕES

UNIDADE ESPECIAL DE TEMPERATURA CELSIUS (°C)

A temperatura Celsius t é definida pela equação $t = T - T_0$ entre duas temperaturas termodinâmicas T e T_0 com $T_0 = 273,15$ K. Um intervalo ou uma diferença de temperatura podem exprimir-se quer em kelvin quer em graus Celsius. A unidade grau Celsius é igual à unidade kelvin.

Grandeza	Unidade	
	Nome	Símbolo
Temperatura relativa	Grau Celsius	°C

4 Sistema Internacional de Unidades (SI)



DEFINIÇÕES

UNIDADE SUPLEMENTAR RADIANO (rad)

É o ângulo plano compreendido entre dois raios que, na circunferência de um círculo, intersectam um arco de comprimento igual ao raio desse círculo. (11ª CGPM - 1960)

UNIDADE SUPLEMENTAR ESTERRADIANO (sr)

É o ângulo sólido que, tendo o vértice no centro de uma esfera, intersecta na superfície desta uma área igual à de um quadrado tendo por lado o raio da esfera. (11ª CGPM - 1960)

Grandeza	Unidade	
	Nome	Símbolo
Ângulo plano	Radiano	rad
Ângulo sólido	Esterradiano	sr

4 Sistema Internacional de Unidades (SI)



PREFIXOS SI

DEFINIÇÕES

Fator	Prefixo	Símbolo	Fator	Prefixo	Símbolo
1024	yotta	Y	10 ⁻¹	deci	d
1021	zetta	Z	10 ⁻²	centi	c
1018	exa	E	10 ⁻³	mili	m
1015	peta	P	10 ⁻⁶	micro	μ
1012	tera	T	10 ⁻⁹	nano	n
109	giga	G	10 ⁻¹²	pico	p
106	mega	M	10 ⁻¹⁵	femto	f
103	quilo	k	10 ⁻¹⁸	ato	a
102	hecto	h	10 ⁻²¹	zepto	z
101	deca	da	10 ⁻²⁴	yocto	y

4 Sistema Internacional de Unidades (SI)



UNIDADES DERIVADAS

São formadas por combinação das unidades de base, unidades suplementares e outras unidades derivadas de acordo com as relações algébricas correspondentes às grandezas definidas. Os símbolos são obtidos através das expressões algébricas utilizando os sinais matemáticos da multiplicação, divisão e expoentes.

Nota

O quilograma é a única unidade de base que, por razões históricas, tem um prefixo no seu nome e símbolo, assim os nomes dos múltiplos e submúltiplos são formados pela junção dos prefixos à palavra "grama" e os símbolos por junção ao símbolo "g".

- O prefixo é colocado imediatamente antes, sem espaço, do símbolo da unidade.

ALGUMAS GRANDEZAS E UNIDADES DE CALOR

Grandeza		Unidade SI	
Nome	Símbolo	Nome	Símbolo
Intervalo ou variação de temperatura	DT ou D _t	Kelvin ou grau Celsius	K °C
Quantidade de calor	Q	Joule	J
Coefficiente de dilatação linear	α	1/Kelvin	K ⁻¹

ALGUMAS GRANDEZAS E UNIDADES DE MECÂNICA

Grandeza		Unidade SI	
Nome	Símbolo	Nome	Símbolo
Comprimento onda	λ	metro	m
Área, superfície	A, (S)	metro quadrado	m ²
Volume	V	metro cúbico	m ³
Velocidade (linear)	u, v, w, c	metro por seg.	m.s ⁻¹
Força	F	Newton	N
Trabalho	W, (A)	Joule	J
Energia	E	Joule	J
Potência	P	Watt	W
Pressão	P	Pascal (N.m ⁻²)	Pa
Momento de uma força	M	Newton metro	N.m
Momento de inércia	I, J	Quilg. met. qua.	kg.m ²

5 Métodos de medição



MEDIÇÃO DIRETA

Quando a grandeza utilizada pelo instrumento de medição é igual á grandeza a medir.

EXEMPLO

Medição do comprimento de uma peça com um paquímetro.

MEDIÇÃO INDIRETA

Quando a grandeza utilizada pelo instrumento de medição não é igual à grandeza a medir.

EXEMPLO

Medição da área de um quadrado, utilizando uma escala como instrumento de medição.

MEDIÇÃO DIFERENCIAL

Quando o instrumento de medição não abrange o valor total da grandeza a medir.

EXEMPLO

Utilizando um comparador e sua base de suporte, medindo a variação da cota de determinada peça, depois de se ter colocado o comparador a zero com auxílio de um bloco padrão. O valor da cota a medir seria o valor do padrão mais ou menos o valor da variação medida no comparador.

MEDIÇÃO ABSOLUTA

Quando o instrumento de medição abrange o valor total da grandeza a medir.

EXEMPLO

Medição do diâmetro de um veio com auxílio de um paquímetro.

6 Erros de medição



Erros de medição

SISTEMÁTICOS

Os **erros sistemáticos** são aqueles que ocorrem sempre e da mesma forma quando se realiza determinada medição.

EXEMPLOS

- erro de leitura do instrumento de medição
- erro de alinhamento
- erro de aritmética

Nota

Existe uma grande quantidade de erros que podem surgir em determinada medição, aqui, pretendemos mostrar apenas alguns. Cada caso é um caso, e em cada um deles a análise deverá ser feita de forma criteriosa.

ALEATÓRIOS

Os **erros aleatórios** são aqueles que ocorrem devido a fenômenos que não se controlam.

EXEMPLOS

- erros devidos às condições ambientais
- erros devido à deformação elástica
- erro da escala
- erro de leitura devido ao intervalo de escala
- erro de paralaxe

Erros Sistemáticos

ERRO DE LEITURA DO INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO

Se o operador mede 6,58 mm, quando o instrumento de medição indica 5,58 mm.
A responsabilidade é total do operador e o erro é normalmente banido com a experiência ou maior atenção na medição.

ERRO DE ARITMÉTICA

Muito idêntico ao anterior, poderá acontecer quando o operador calcula a média de várias medições mentalmente ou não. No caso de medições diferenciais quando tem que operar o valor ΔL com o valor L . Este tipo de erro é também banido com maior experiência e maior atenção durante o processo de medição.

ERROS DE ALINHAMENTO

Este tipo de erro acontece quando o instrumento de medição está desalinhado relativamente à cota a medir. A correção poderá ser feita por cálculo (usando software apropriado) ou modificando o alinhamento de forma a diminuir o ângulo de desalinhamento.

Erros Aleatórios

ERROS DEVIDOS ÀS CONDIÇÕES AMBIENTAIS

A grande maioria das medições são afetadas, muito ou pouco, pelas condições ambientais que envolvem a medição. Em metrologia dimensional a principal causa de erro devido a condições ambientais, é a temperatura.

A temperatura normalizada para medição dimensional é de 20 °C (ISO 1), e teoricamente todas as medições deveriam ser realizadas a esta temperatura, o que na realidade não é possível.

Nota

No caso de medição de blocos padrão por interferometria, a humidade relativa, a pressão atmosférica e o dióxido de carbono do ar afetam o índice de refração da atmosfera. Nestas condições devem ser registados os valores destes parâmetros para que sejam feitas as respetivas correções.

$$L_T = L_{20}(1 + \alpha(T - 20))$$

L_T - Comprimento da peça à temperatura T .

L_{20} - Comprimento da peça a 20°C

$(T - 20)$ - Variação da temperatura.

6

Erros de medição

Nota

Na maioria dos instrumentos de medição utilizados, como por exemplo os comparadores, micrómetros, etc. a **pressão de medição** é razoavelmente constante e bastante fraca.

RELACRE

Erros Aleatórios

ERROS DEVIDO À DEFORMAÇÃO ELÁSTICA

Qualquer corpo elástico sujeito a uma carga sofre uma deformação elástica. O valor da deformação depende do valor da carga sofrida, da área de contacto e das propriedades mecânicas do material.

EXEMPLOS

No caso de uma régua geométrica a distância entre os apoios deverá ser a que indica a fig. 1, de modo que a deformação devida ao peso próprio seja mínima.

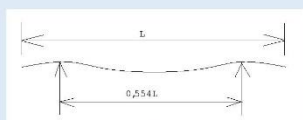


Fig.1

No caso de padrões de topos planos, a distância entre apoios deverá ser tal que garanta o paralelismo entre as faces do padrão. Neste caso os apoios deverão estar colocados como mostra a fig.2.

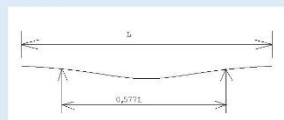


Fig.2

6

Erros de medição

RELACRE

Erros Aleatórios

ERRO DA ESCALA

Se a escala que utilizamos para realizar a medição tiver erros, então os resultados das medições realizadas, também possuem idênticos erros.

- Podemos determinar este tipo de erro, efetuando um controlo de exatidão à escala.

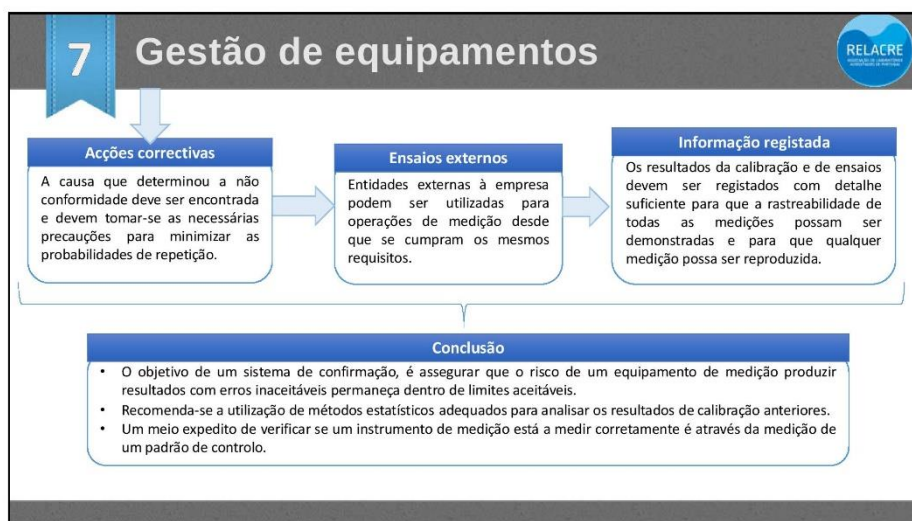
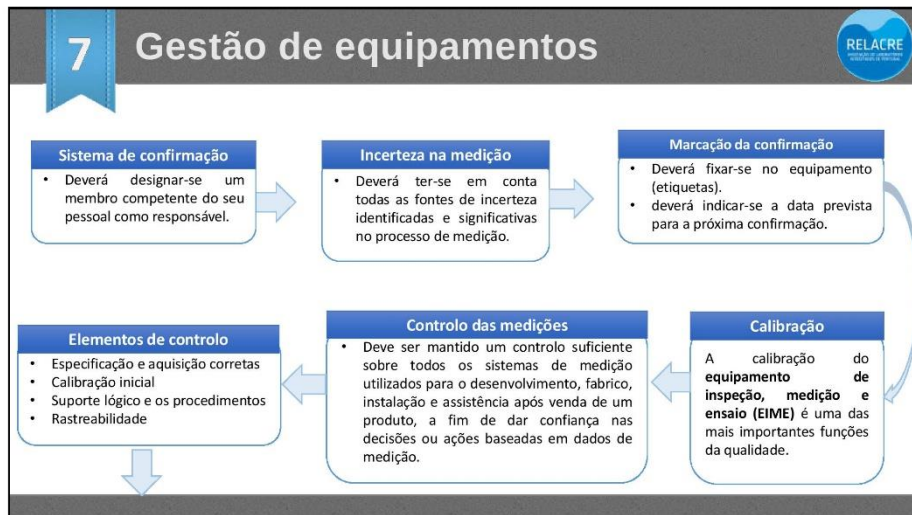
ERRO DE LEITURA DEVIDO AO INTERVALO DE ESCALA

Este tipo de erro depende normalmente da espessura do traço da escala e da distância entre traços, no caso de leitura analógica.

- No caso de instrumento de leitura digital o menor intervalo de escala coincide com a resolução do instrumento de medição.

ERRO DE PARALAXE

Quando o operador utilizando instrumentos de medição analógicos não se coloca numa posição perpendicular ao mostrador do instrumento, irá introduzir um erro de leitura devido a esse facto.



8

Intervalos de Calibração



DEFINIÇÃO DA PERIODICIDADE

Crítérios que permitem estabelecer uma periodicidade inicial que:

- seja suficientemente curta para tornar tão diminuto quanto possível o risco do instrumento de medição sair das tolerâncias durante a utilização.
- Seja bastante alargada para tornar mínimos os custos anuais da calibração.

FATORES A TOMAR EM CONSIDERAÇÃO:

- as recomendações do fabricante do instrumento;
- o grau de severidade das condições de utilização;
- a influência do ambiente;
- a exatidão pretendida.

9

Métodos de revisão da periodicidade



MÉTODO 1 AJUSTE AUTOMÁTICO OU EM "ESCADA"

Conforme o instrumento se tenha mantido ou não, dentro das tolerâncias, assim se poderá manter, encurtar ou alargar o período seguinte.

MÉTODO 3 TEMPO DE UTILIZAÇÃO

O período de calibração é expresso em horas de utilização e não em meses do calendário.

MÉTODO 5 ABORDAGEM ESTATÍSTICA

Quando se trata da calibração de um grande número de instrumentos idênticos, os períodos de calibração podem ser revistos com recurso a métodos estatísticos de análise de indicadores relevantes.

MÉTODO 2 CARTA DE CONTROLO

Pontos significativos de calibração são registados num gráfico em função do tempo. A partir deste gráfico calcula-se a dispersão e a deriva, servindo os respetivos resultados para definição do intervalo otimizado.

MÉTODO 4 CONTROLO EM CURSO DE UTILIZAÇÃO

Trata-se de uma variante dos métodos 1 e 2. Ao parâmetros críticos são controlados frequentemente. Quando o equipamento está fora de tolerância, este é retirado de serviço e mandado calibrar.

OS VÁRIOS MÉTODOS DIFEREM CONFORME:

- os instrumentos sejam tratados individualmente ou em grupo.
- os instrumentos saiam das tolerâncias devido à deriva e à utilização.
- haja informação disponível do historial das calibrações feitas.

10 Confirmação da Calibração



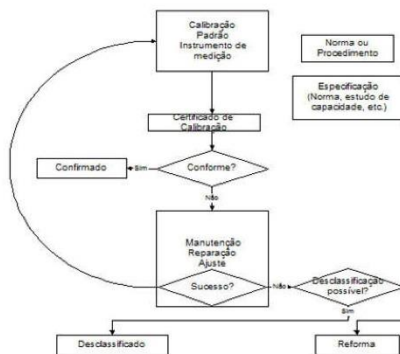
CONFIRMAÇÃO

Ato de comparar os erros e as incertezas com tolerâncias.

- A calibração por si só não tem validade se não for objeto de análise que leve à conclusão de conformidade.
- Há então que analisar os resultados, a exatidão e incerteza determinadas, e compará-los com as tolerâncias admissíveis ou envolvidas no processo de medição a que se destina o instrumento.

Nota

Do resultado da confirmação será o EIME aceite ou rejeitado.



11 Plano de Calibração



PLANO DE CALIBRAÇÃO

Conjunto desta informação, relativa a todos os equipamentos de inspeção, medição e ensaio

Para cada EIME (incluindo padrões de referência) existe um plano que pode conter o seguinte:

- designação
- n.º de inventário
- Tolerância admissível
- Gama especificada
- Resolução
- Rastreabilidade
- Período inicial de calibração
- Data da próxima calibração.

REGISTO DA QUALIDADE

Os documentos de calibração e confirmação (verificação) fazem parte dos "registos da Qualidade" e, como tal, devem ser mantidos pelo mesmo período de tempo que para todos os outros "registos da qualidade".

Nota

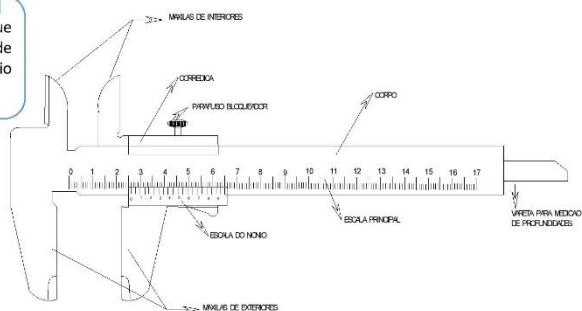
O plano de calibração deve estar sempre atualizado e é considerado um dos principais instrumentos da Qualidade dos agentes do Sistema Português da Qualidade.

12 Paquímetros



PAQUÍMETRO DE NÓNIO

Instrumento de medição que se baseia numa régua de traços, possuindo um nónio como auxiliar de leitura.

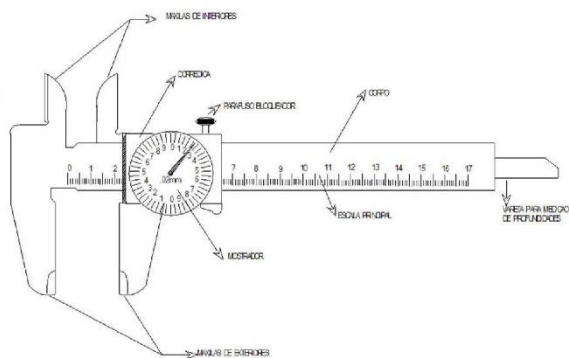


12 Paquímetros



PAQUÍMETRO DE RELÓGIO

Instrumento de medição que se baseia numa régua de traços e uma cremalheira que faz deslocar o ponteiro num mostrador (relógio) que subdivide a resolução da régua de traços.

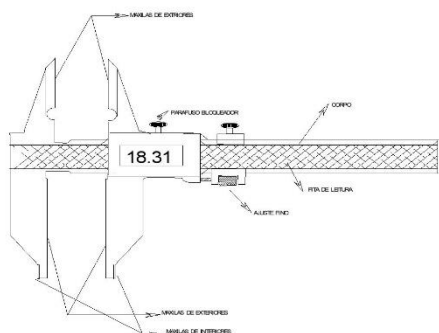


12 Paquímetros



PAQUÍMETRO DIGITAL

Instrumento de medição que se baseia na leitura de um detector de capacitância ao percorrer o corpo do paquímetro.

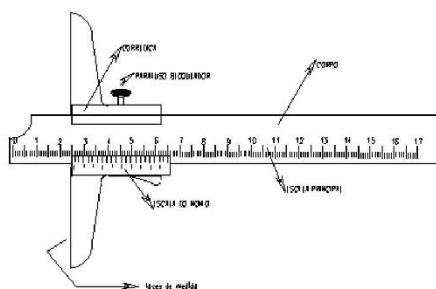


12 Paquímetros



PAQUÍMETRO PARA MEDIÇÃO DE PROFUNDIDADES (BATÍMETRO)

Os paquímetros são em geral produzidos em aço inoxidável ou aços ligados, com durezas a rondarem os 600 HV.



13 Erros dos Paquímetros

RELACRE

ERRO DE PARALAXE.

Nos paquímetros de nóio e de relógio.

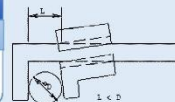
ERRO DEVIDO A CONDIÇÕES AMBIENTAIS.

ERRO DEVIDO À FORÇA USADA NA MEDIÇÃO.

ERROS INERENTES À CONSTRUÇÃO DO PAQUÍMETRO

ERRO DEVIDO AO PRINCÍPIO DE ABBE

Diz que " a máxima exactidão só pode ser obtida quando o padrão estiver alinhado com o eixo da peça a ser medida. "

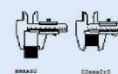


ERRO DEVIDO A DEFORMAÇÃO DA ESCALA PRINCIPAL

Deformação no sentido da face do paquímetro.
Deformação no sentido da escala graduada.

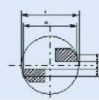
ERRO DEVIDO AO DESGASTE DO PAQUÍMETRO:

Em virtude de uma das partes das maxilas de medição serem finas, estão sujeitas a um maior desgaste



ERROS NA MEDIÇÃO DE INTERIORES:

Introduz um erro devido à espessura das maxilas e à folga entre elas, principalmente quando se medem pequenos furos.



14 Calibração dos Paquímetros

RELACRE

PARÂMETROS METROLÓGICOS A CONTROLAR:

ENSAIO DA EXACTIDÃO

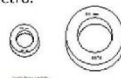
MEDIDAS DE EXTERIORES

Utilização de blocos padrão ou de um calibrador de paquímetros com valores nominais que cubram todo o alcance do paquímetro, realizando três medições ao longo das maxilas para cada valor nominal escolhido.



MEDIDAS INTERIORES

Utilização de anéis lisos padrão ou de um calibrador de paquímetros com valores nominais que cubram todo o alcance do paquímetro.



MEDIDAS DE PROFUNDIDADES

Este ensaio poderá ser limitado à determinação do erro de zero da haste para medição de profundidades, sendo os erros de exactidão idênticos aos das medidas de interiores.

14 Calibração dos Paquímetros



PARÂMETROS METROLÓGICOS A CONTROLAR:

PARALELISMO DAS MAXILAS

MEDIDAS DE EXTERIORES

Utilizam-se os valores observados no ensaio da exatidão das medidas de exteriores, sendo o erro de paralelismo igual à maior diferença entre os valores medidos para cada valor nominal.

MEDIDAS INTERIORES

Utiliza-se um micrómetro digital e por exemplo com o paquímetro bloqueado a 20 mm efetuam-se três medições ao longo das maxilas, sendo o erro de paralelismo encontrado a maior diferença dos valores medidos.



14 Calibração dos Paquímetros



PARÂMETROS METROLÓGICOS A CONTROLAR:

PLANEZA DAS MAXILAS

MEDIDAS DE EXTERIORES E INTERIORES

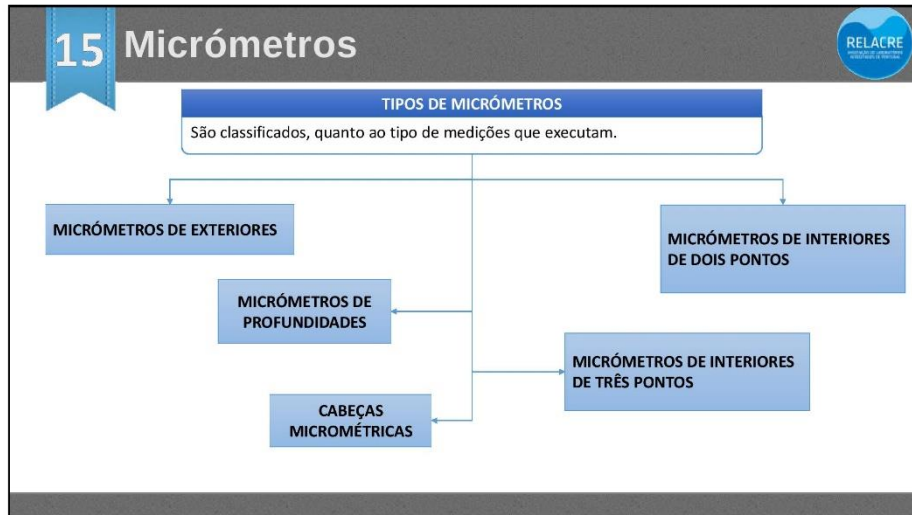
Utilização de uma régua de bisel, colocada na faces a controlar e verificar se passa luz entre a régua e a face de medida quando se coloca o conjunto em contra-luz.



Nota

Existem normas que contemplam apenas os ensaios de exatidão das medidas exteriores e interiores, alegando que os erros das maxilas influenciarão os resultados observados nos ensaios de exatidão.

15 Micrómetros



15 Micrómetros exteriores



MICRÓMETRO DE EXTERIORES

Instrumento de medição muito utilizado, que tem por princípio de medição um parafuso micrométrico de passo 0,5 mm e amplitude de 25 mm, o seu alcance poderá ir até aos 1000 mm. No caso dos micrómetros exteriores digitais existe um dispositivo eletrónico que deteta e quantifica o deslocamento da maxila móvel.

- A razão do deslocamento é função do passo do parafuso micrométrico, assim se rodarmos o tambor uma volta completa o deslocamento da maxila móvel é de 0,5 mm.
- Como o tambor está normalmente dividido em 50 partes iguais, implica que a distância entre dois traços consecutivos do tambor corresponde a um deslocamento da maxila móvel de 0,01 mm, que é normalmente a resolução deste tipo de instrumento.

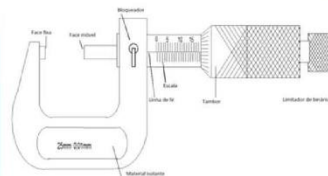


Fig. 1 Micrómetro de exteriores mecânico

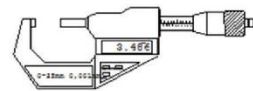


Fig. 1 Micrómetro de exteriores digital

15 Micrómetros exteriores



Nota

As faces de medida dos micrómetros normalmente são de geometria plana e com acabamento superficial muito fino (espelhadas), contudo existem outros tipos de faces de medida consoante os fins a que se destina o micrómetro. Assim, por exemplo, para medir espessuras de tubos utilizam-se faces de medida esféricas.

CUIDADOS A TER NA UTILIZAÇÃO:

- As faces do micrómetro deverão encontrar-se muito bem limpas.
- Na realização de medições deverá sempre utilizar-se o limitador de binário do micrómetro.
- Antes de realizar a medição é conveniente verificar o zero do micrómetro e ajustá-lo se necessário.
- O micrómetro como todos os instrumentos de medição deverá ser considerado um como frágil, devendo ser tratado como tal.

15 Calibração de Micrómetros exteriores



PARÂMETROS METROLÓGICOS A CONTROLAR:

ENSAIO DE EXACTIDÃO DO MICRÓMETRO

Deverá ser feito com a ajuda de blocos padrão, para o qual se aconselham os seguintes valores nominais (mm): 2,5 ; 5,1 ; 7,7 ; 10,3 ; 12,9 ; 15,0 ; 17,6 ; 20,2 ; 22,8 ; 25,0

ENSAIO DE PLANEZA DAS FACES DE MEDIDA

Utiliza-se um plano ótico e mede-se o erro de planeza de cada face de medida pelo método das franjas de interferência.

ENSAIO DE PARALELISMO DAS FACES DE MEDIDA

Utiliza-se um conjunto de quatro paralelas óticas e mede-se o erro de paralelismo das faces de medida pelo método das franjas de interferência.

ENSAIO DA FORÇA DO LIMITADOR DE BINÁRIO

Com a ajuda de um dinamómetro ou de uma pequena célula de carga mede-se o força exercida entre as duas faces de medida quando se utiliza o limitador de binário.

16 Calibração de Micrómetros exteriores



ERROS A CONTROLAR:

ERRO MÁXIMO DE PLANEZA

Duas franjas de interferência ou 0,6 mm.

FORÇA DO LIMITADOR DE BINÁRIO

A força exercida entre as faces de medida por acção do limitador de binário deverá estar compreendida entre 5 e 10 N.

VALORES MÁXIMOS ADMISSÍVEIS PARA OS RESPECTIVOS ENSAIOS

Alcance (mm)	Exactidão (erro máximo mm)	Paralelismo (nº máximo de franjas)	Paralelismo (erro máximo mm)
0 - 25	4	6	2
25 - 50	4	6	2
50 - 75	5	10	3
75 - 100	5	10	3
100 - 125	6	-	3
125 - 150	6	-	3
150 - 175	7	-	4
175 - 200	7	-	4
200 - 225	8	-	4
225 - 250	8	-	4
250 - 275	9	-	5
275 - 300	9	-	5
300 - 325	10	-	5
325 - 350	10	-	5
350 - 375	11	-	6
375 - 400	11	-	6
400 - 425	12	-	6
425 - 450	12	-	6
450 - 475	13	-	7
475 - 500	13	-	7

17 Interferometria



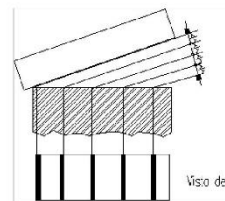
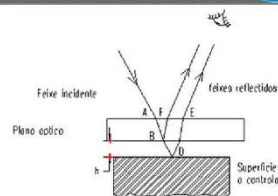
MEDIÇÃO DE PLANEZAS POR INTERFEROMETRIA

Os fenómenos de interferência da luz baseiam-se no seu carácter ondulatório.

Verifica-se então que quando um feixe é separado em dois feixes parciais e, tendo estes percorridos caminhos diferentes (em comprimento), voltam a reunir-se interferindo.

Nota

Se o fenómeno for observado utilizando luz branca, então as franjas possuem as cores do arco-íris.



18 Incerteza



IMPORTÂNCIA DAS INCERTEZAS

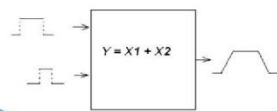
Quando se apresenta o resultado da medição de uma quantidade física é necessário que se forneça alguma indicação acerca da qualidade desse resultado. Sem esta indicação, o resultado de várias medições, não poderão ser comparados entre si ou com outros valores de referência.

Nota

O procedimento de cálculo e expressão da incerteza deve ser prontamente aplicável, facilmente perceptível e amplamente aceite.

CONCEITOS

- Se X_1 e X_2 forem independentes a sua covariância é zero.
- Uma função de medição aditiva com duas quantidades de entrada, X_1 e X_2 , é caracterizada por uma distribuição de probabilidade retangular.



18 Incerteza



MÉTODOS DE CÁLCULO PARA A PROPAGAÇÃO DE INCERTEZAS:

- MÉTODO GUM
- MÉTODO DE MONTE CARLO
- COEFICIENTES DE SENSIBILIDADE
- INCERTEZA PADRÃO $U(Y)$
- MÉTODOS ANALÍTICOS MATEMÁTICOS

O MÉTODO USADO DEVE SER: UNIVERSAL

- aplicável a todos os tipos de medições e a todos os tipos de dados de entrada nas medições.

A QUANTIDADE USADA PARA EXPRESSAR A INCERTEZA DEVE SER:

INTERNAMENTE CONSISTENTE

- diretamente dependente das componentes que contribuem para a incerteza, mas independentes do modo como essas componentes estão agrupadas.

TRANSMISSÍVEL

- deverá ser possível usar diretamente a incerteza calculada quando se procede ao cálculo de outra incerteza em que o primeiro resultado é usado.

18 Incerteza



EXEMPLOS DE FONTES DE INCERTEZA

- Definição incompleta da mensuranda.
- Realização imperfeita da definição da mensuranda.
- A amostra medida poderá não representar totalmente a mensuranda definida.
- Imperfeito conhecimento relativamente ao ambiente que condiciona a medição, ou imperfeição na medição dos parâmetros ambientais.
- Desvios nas leituras analógicas devidas ao operador.
- Resolução do instrumento de medição.
- Valores atribuídos a padrões ou materiais de referência.
- Valores de constantes ou outros parâmetros obtidos de fontes exteriores e usadas para simplificar o cálculo.
- Aproximações incorporadas nos valores de medição.
- Variações obtidas em ensaios de repetibilidade.

Nota

Estas fontes de incerteza não são obrigatoriamente independentes.

18 Incerteza



INCERTEZAS TIPO A

quando são calculadas aplicando métodos estatísticos a uma série de valores medidos.

é determinada a partir de uma função de densidade de probabilidade, derivada de uma distribuição de frequência;

INCERTEZAS TIPO B

- quando são estimadas por outros métodos.

- é determinada a partir de uma função de probabilidade assumida, baseada num grau de confiança da ocorrência de um determinado acontecimento

Nota

O valor numérico da incerteza deve ser apresentado com não mais do que dois algarismos significativos.

ANTES DO CÁLCULO DA INCERTEZA DEVE-SE:

- Definir a mensuranda Y.
- Identificar as quantidades de entrada de que depende Y.
- Definir o modelo matemático que relaciona Y com as quantidades de entrada.
- Com base no conhecimento da medição, atribuir distribuições de probabilidade (normal, retangular, etc.)

Nota

O valor numérico do resultado da medição deve ser arredondado, na sua expressão final, por forma a não conter algarismos menos significativos que os da incerteza expressa.

Anexo 3 – Certificado de presença



Anexo 4 – Certificado de presença

Instituto Português da  Qualidade

II ENCONTRO **Metrologia e Ensino**

Audifória IPQ, Caparica | 13 setembro 2016

DECLARAÇÃO de PARTICIPAÇÃO

Para os devidos efeitos declara-se que

Catarina de Oliveira Sara
participou no II Encontro "Metrologia e Ensino".

Caparica, 13 de setembro de 2016

P^{ra} Comissão Organizadora


Jorge Marques dos Santos
Presidente do CD do IPQ

IPQ
Rua António Gido, 2 2829-513 Caparica Tel 212 948 136 Fax 212 948 223 www.ipq.pt



Mod-DAESPQ-02-06_05



DECLARAÇÃO de PARTICIPAÇÃO

Para os devidos efeitos se declara que

Catarina de Oliveira Sousa

participou no Encontro "Adoção do Sistema Métrico e a Metrologia Legal em Portugal"

Caparica, 7 de março de 2017



Jorge Marques dos Santos
Presidente do CD do IPQ

IPQ


Rua António Gião, 2 2829-513 Caparica Tel 212 948 136 Fax 212 948 223 www.ipq.pt



Anexo 7 – Certificado de presença



Anexo 8 – Exemplo de certificado de calibração de instrumento medidor de CO ambiente.

	 Hotgas, Lda. Inspeções & Calibrações, Lda.
Certificado de Calibração	
Data do certificado: 07-07-2017	Certificado nº: 17D0707A001
Requerente: Nome: Hotgas - Inspeções e Calibrações, Lda. Morada: Avenida Oliveira Zina, n.º 874 - R.C Localidade: Valongo Código Postal: 4440 - 506	
Identificação do equipamento calibrado: Designação: Analisador de CO ambiente Referência: B046 Nº de série: 35100195 Marca: GREISINGER Modelo: GCO 100 Intervalo de medição, de: 0 a: 1000 ppm Resolução/Menor divisão: 1 ppm	
Identificação dos padrões: * Padrão de 25 ppm; Refª D025 Padrão rastreado a Air Liquide, (ENAC 135/LC10.096) * Padrão de 50 ppm; Refª D017 Padrão rastreado a Air Liquide, (ENAC 135/LC10.096) * Padrão de 100 ppm; Refª D018 Padrão rastreado a Air Liquide, (ENAC 135/LC10.096)	
Método utilizado: Calibração realizada de acordo com o procedimento PMG_CO_06. Método directo.	
Condições ambientais: Temperatura controlada a: 20 +/- 2 °C	
Incerteza das medições: A incerteza da medição expandida apresentada, representa a incerteza padrão de medição, multiplicada pelo factor de cobertura 'k', por forma a que a probabilidade obtida, corresponda a aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição, foi calculada de acordo com o doc. EA-04/02. (A estabilidade a longo prazo do objecto não foi considerada)	
Data da calibração: 07-07-2017	
 Operador: Júlio Sousa	 Responsável:  HOTGÁS, Lda. Inspeções & Calibrações Av. Oliveira Zina, n.º 874 r/c - 4440-506 Valongo TEL.: 22 422 94 49 * FAX: 22 422 94 50  20-10-2017
Este certificado, não deve ser reproduzido, excepto na íntegra, sem autorização da Hotgas, Lda. (PMG_CO_imp02) Página 1 de 2	

Av. Oliveira Zina, n.º 874 - r/ch 4440-506 Valongo Telef.: 224 229 449 Fax 224 229 450 NIF 504 613 146 www.hotgas.pt email: geral@hotgas.pt

Certificado de Calibração

Data do certificado: 07-07-2017
Calibração sem ajuste.

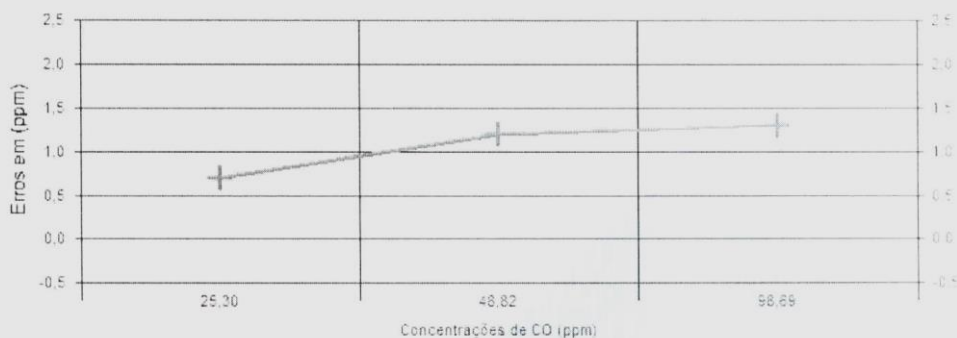
Certificado nº: 17D0707A001

Resultados obtidos [Unidades em ppm]: Ensaio de exactidão.

Valor médio do Instrumento	Valor do Padrão	Erro do Instrumento	Incerteza de medição expandida	'k'	'nef'
26,0	25,30	0,7	0,9	2,0	1106
50,0	48,82	1,2	1,0	2,0	1109
100,0	98,69	1,3	1,2	2,0	962

(ppm = 10^{-6} mol/mol)

Ensaio de exactidão. Gráfico dos erros médios medidos



A união dos pontos médios de calibração é uma estimativa linear.

Observações:

FIM DO CERTIFICADO

 **HOTGÁS, Lda.**
Inspeções & Calibrações
Av. Oliveira Zina, n.º 874 - r/ch - 4440-506 Valongo
TEL: 22 422 54 45 * FAX: 22 422 54 50

HOTGAS, Calibrações, Lda.
Calibrado: 07/07/2017
A Calibrar: 10212028
Processo: 17D0707A001

Este certificado, não deve ser reproduzido, excepto na íntegra, sem acordo escrito da Hotgas, Lda.

Página 2 de 2